



NeuroXtrain

LES BLESSURES MUSCULAIRES CHEZ LES ATHLÈTES

DE L'INCIDENCE D'UNE
BLESSURE AU DÉTAIL DE
SA RÉÉDUCATION

Les blessures musculaires sont les blessures les plus communes dans le sport recouvrant de 10 à 55% de toutes les blessures sportives en fonction de la période de la saison.

**GRAND
FORMAT N°2**

L'ÉQUIPE NXT

QUI SOMMES-NOUS?

Nathan Touati

Ancien footballeur de haut niveau, passé par le CREPS d'Aix-en-Provence, le centre de formation du Dijon FCO, Grenoble Foot 38 et du CE L'Hospitalet en Espagne. Kinésithérapeute, passionné par le sport, la rééducation des blessures sportives et les nouvelles technologies, crée NeuroXtrain en 2019 et s'associe avec Antoine. Propose un contenu partant de la blessure de l'athlète, de sa rééducation et de sa réathlétisation jusqu'à l'optimisation de son retour à la compétition. Principal objectif: aider les athlètes, entraîneurs et professionnels de santé à atteindre leurs objectifs.



Antoine Frechaud

Ancien basketteur de haut niveau, intégré au Pôle espoir du CREPS de Toulouse, tests d'entrée à l'INSEP (Institut National du Sport, de l'Expertise et de la performance) et au Club du TBC (Toulouse Basket Club).

Kinésithérapeute, associé avec Nathan dans NeuroXtrain, passionné de sport, de rééducation et de retour à la compétition des sportifs, de performance, de nouvelles technologies et de sciences médicales appliquées dans le sport. Souhaite permettre aux étudiants, aux professionnels de santé, à tous les sportifs et aux entraîneurs d'accéder de manière simple et rapide à des connaissances scientifiques actuelles, appliquées par tous et pour tous.



SOMMAIRE

REMERCIEMENTS P.4

INTRODUCTION P.5

**COMPLEXITÉ DE L'INCIDENCE DES
BLESSURES MUSCULAIRES P.6**

MÉCANISME LÉSIONNEL P.12

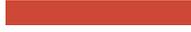
GUÉRISON BIOLOGIQUE - INFLAMMATION P.18

FOCUS ISCHIO-JAMBIERS P.25

FOCUS ADDUCTEURS P.42

NOUVELLES TECHNOLOGIES P.65

REMERCIEMENTS



Nous souhaiterions remercier les auteurs nous ayant permis d'utiliser leur travaux pour réaliser ce grand format. Merci:

- Pr. Tim Watson
- Dr. Bahram Jam
- Dr. Matthew N. Bourne



INTRODUCTION

Les blessures musculaires sont très courantes dans le sport surtout lorsqu'il est pratiqué à haut niveau. L'intensité des compétitions et des entraînements à l'heure actuelle est telle que les facteurs de risques de blessures exercent une influence beaucoup plus prononcée que lors des précédentes décennies. Le but de ce grand format est d'éclairer les causes et mécanismes de blessures musculaires, d'étudier le comportement des muscles lors de la guérison, d'étudier certains groupes musculaires sujets aux lésions (ischio-jambiers et adducteurs) et de s'intéresser aux nouvelles technologies permettant la prévention des blessures musculaires et l'accélération de la guérison.





COMPLEXITÉ DE L'INCIDENCE DES BLESSURES MUSCULAIRES

COMPLEXITÉ DE L'INCIDENCE DES BLESSURES MUSCULAIRES



Les blessures musculaires font et feront toujours partie de la vie d'un athlète. La prévention constitue un véritable enjeu depuis ces dernières années cependant, il sera difficilement possible d'éviter définitivement les blessures. Avant de rentrer dans le détail, il est important de comprendre la complexité de l'incidence d'une blessure musculaire. Il ne s'agit pas uniquement de l'étude d'un mécanisme physiologique, mais plutôt pourquoi ce mécanisme lésionnel apparaît à un instant t.

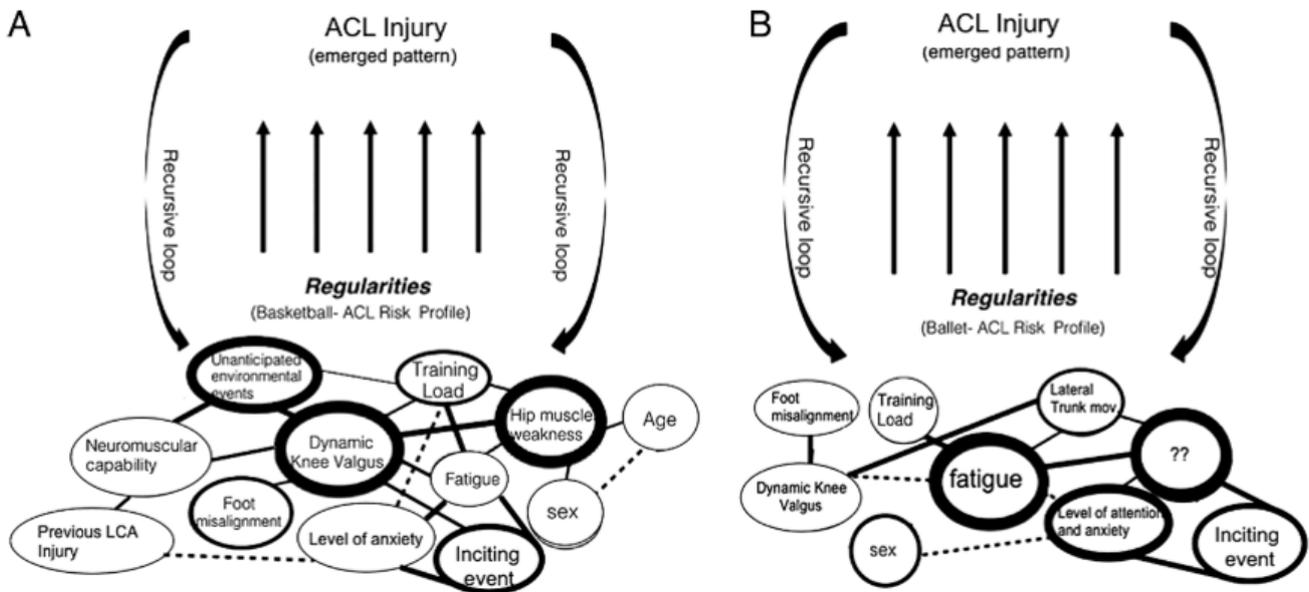
LA "SOUPE PRIMORDIALE" DES BLESSURES SPORTIVES

Comme abordé précédemment, nous tentons de comprendre pourquoi le mécanisme lésionnel apparaît. Nous sommes donc actuellement en train d'étudier **l'origine de l'incidence de la blessure**. Les sports peuvent être décrits comme un enchaînement de situations durant une période définie. Par exemple au football, durant 90 minutes, un footballeur va enchaîner différentes situations : courses, passes, tirs, tacles, etc. Certaines situations possèdent un degré de risque de blessures beaucoup plus élevé que d'autres notamment en fonction de l'intensité à laquelle elles vont être réalisées. Initialement nous pouvons déclarer qu'une blessure apparaît en fonction de 4 facteurs différents : la **situation** (ex. : changement de direction) , la **dimension temporelle** (ex. : fin de match) , **l'environnement** (ex. : finale ou match amical) et les **capacités de l'athlète** (ex. : force musculaire, état psychologique, etc.).

LES FACTEURS DE RISQUES

On entend souvent parler de facteurs de risques pour une certaine pathologie. Cependant cette vision nécessite une approche beaucoup plus détaillée. **Les facteurs de risques pour une même pathologie ne sont pas les mêmes en fonction du sport pratiqué et du type d'athlète**. Sur le schéma suivant, nous pouvons observer les facteurs de risques pour une blessure au LCA par exemple chez les basketteurs et chez les danseurs :

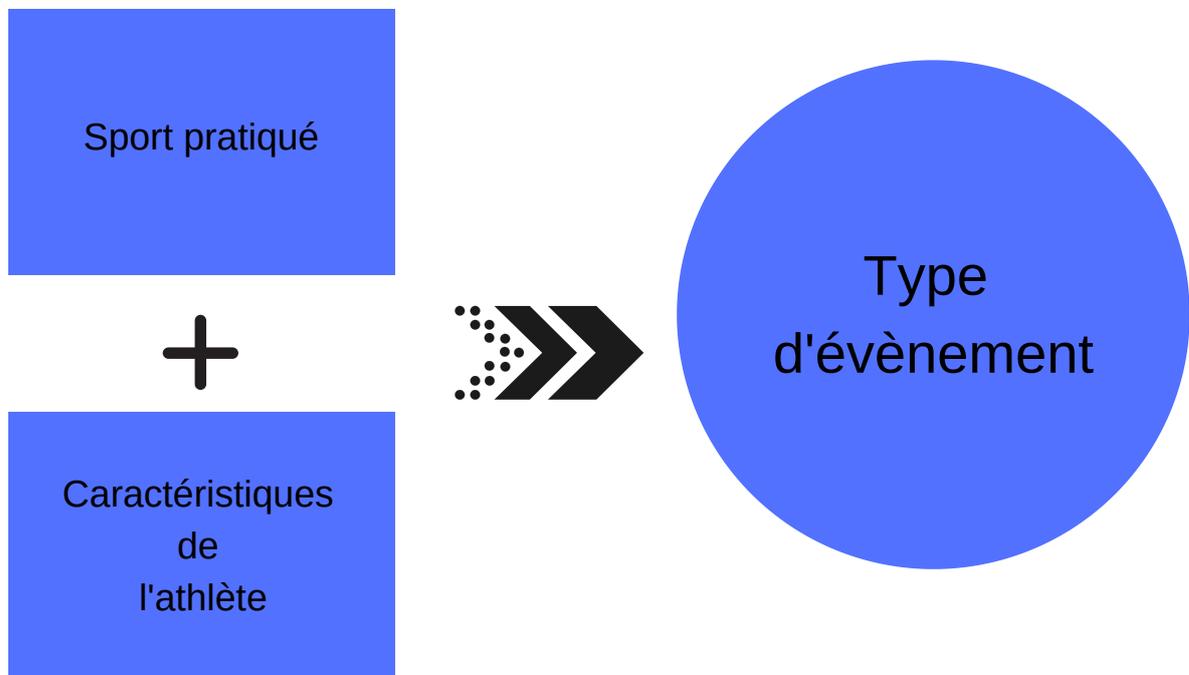
COMPLEXITÉ DE L'INCIDENCE DES BLESSURES MUSCULAIRES



Crédits : (Bittencourt et al., 2016)

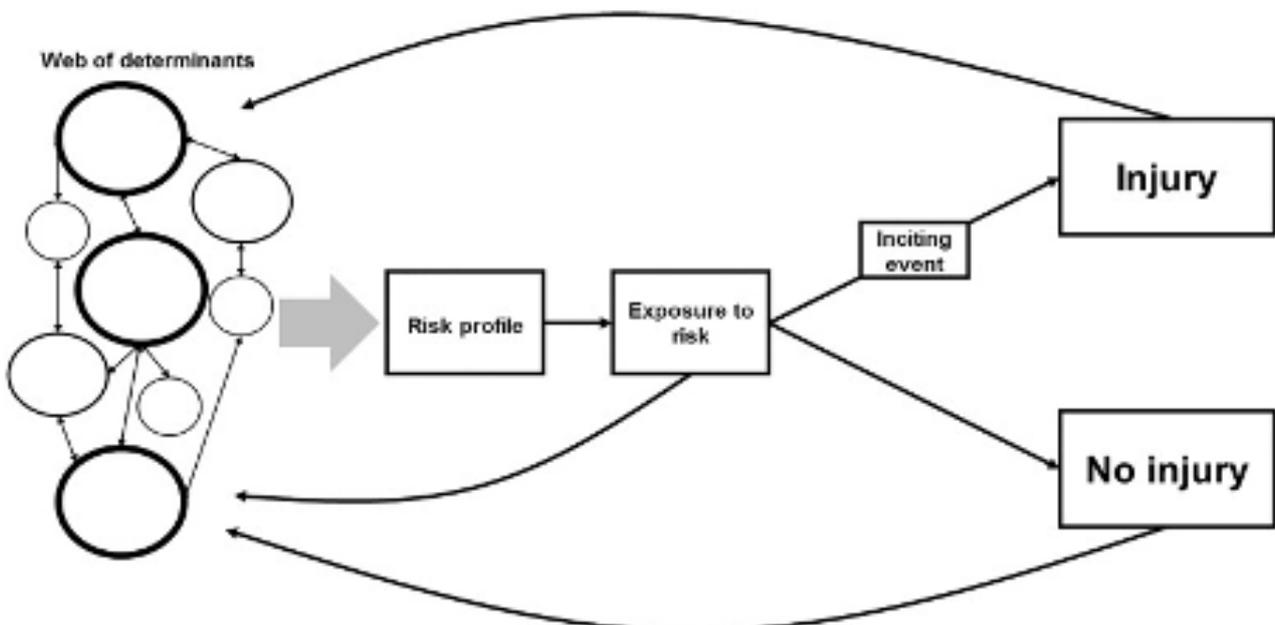
Le principal facteur de risque est la fatigue pour les danseurs alors qu'il s'agit du valgus dynamique pour les basketteurs. Et pour aller plus loin, nous voyons que même les interactions entre les facteurs de risques sont totalement différentes entre deux sports. **Au lieu de se focaliser sur des facteurs de risque isolés, il serait intéressant d'apprendre leurs interactions les uns par rapport aux autres** afin de fournir des programmes de prévention plus efficaces. Il faut donc garder en tête que les facteurs de risques doivent être identifiés en fonction de deux choses : **Le sport pratiqué et les caractéristiques athlétiques et psychologiques** du sportif. Ces deux derniers éléments doivent ensuite être incorporés dans le type d'évènement auquel l'athlète va participer pour être complet et obtenir une approche **holistique et multifactorielle**.

COMPLEXITÉ DE L'INCIDENCE DES BLESSURES MUSCULAIRES



Crédits : NeuroXtrain.

Dans la continuité de notre démonstration, Ruddy et al. 2019, ont repris le schéma précédent (Bittencourt et al.,2016) afin de le compléter :



Crédits : Ruddy et al.,2019.

COMPLEXITÉ DE L'INCIDENCE DES BLESSURES MUSCULAIRES



Nous voyons donc sur la gauche, le « web of determinants » qui est le pool de facteurs de risques permettant d'établir le profil de l'athlète (« risk profile »). Nous avons ensuite la case « exposure to risk » qui peut être le synonyme de ce que nous avons nommé « situation » auparavant. À la suite de cette situation, le mécanisme lésionnel peut apparaître laissant place à une suite binaire : « blessure » ou « pas de blessure ». Ce résultat va également influencer, à travers un mécanisme de **boucle inverse**, le pool de facteurs de risques de l'athlète.

APPROCHE RÉDUCTIONNISTE ET APPROCHE COMPLEXE

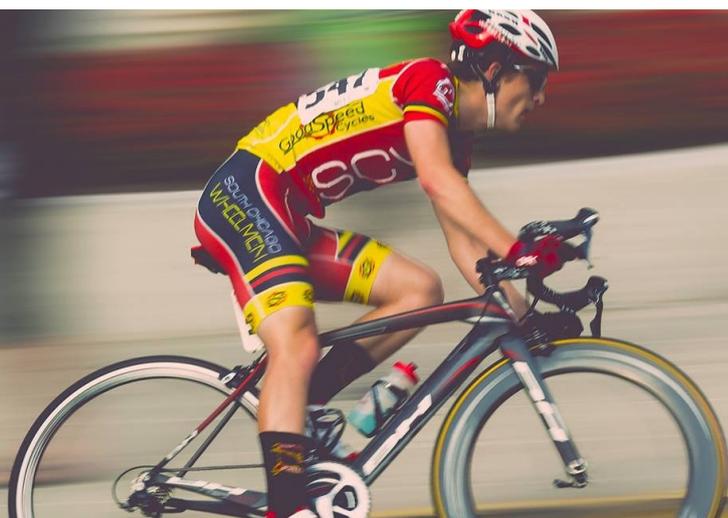
Il a longtemps été suggéré qu'une **approche univariée** (c'est-à-dire enquêter sur l'impact d'une seule variable sur le risque de blessure) peut être trop simpliste et qu'afin de mieux comprendre l'étiologie des blessures, la contribution collective de plusieurs facteurs au risque de blessure doit être examinée (une approche à plusieurs variables). Une étude similaire à celles susmentionnées, portant sur le risque de blessure aux ischio-jambiers chez les joueurs de football professionnels, a utilisé une approche multivariée pour identifier le risque lésion aux ischio-jambiers. La longueur du chef du biceps fémoral, la force excentrique des ischio-jambiers, les antécédents de blessure et l'âge ont tous été examinés pour déterminer l'impact collectif de ces variables sur le risque de blessure aux ischio-jambiers (Timmins et al., 2016). **Malgré la mise en œuvre d'une approche multivariée, cette étude a révélé que ces variables ne représentaient qu'environ 30% du risque associé aux blessures aux ischio-jambiers** (coefficient de détermination $R^2 = 0,31$) (Timmins et al., 2016).

Comme évoqué précédemment, il est de plus en plus largement admis que les blessures surviennent à la suite d'**interactions complexes et non linéaires** entre de multiples variables et que les approches conventionnelles, même multivariées, sont peu susceptibles de saisir la nature dynamique et multiplexe des blessures. Par conséquent, il a été proposé que les chercheurs et les praticiens doivent changer leur perspective de l'étiologie des blessures de celle du **réductionnisme** à celle de la **complexité**.

COMPLEXITÉ DE L'INCIDENCE DES BLESSURES MUSCULAIRES

Les approches statistiques évoquées précédemment sont de nature **réductionniste**. Le réductionnisme suppose que **toutes les parties d'un système (dans ce cas, l'étiologie des blessures) peuvent être décomposées et examinées individuellement, puis additionnées pour représenter le système dans son ensemble**. Quatman et coll. (2009) le décrivent comme un examen des pièces individuelles d'un vélo et en supposant que vous comprenez comment toutes les pièces s'emboîtent pour fonctionner comme un système complet. Si vous n'avez jamais vu de vélo auparavant, votre interprétation de la façon dont toutes les pièces s'assemblent pour créer le vélo et du fonctionnement du vélo peut être extrêmement inexacte. **Même lors de la mise en œuvre d'une approche multivariée, les méthodes conventionnelles sont encore limitées par l'hypothèse qu'un système est égal à la somme de ses parties**. Une approche réductionniste est utile, car elle nous permet d'identifier et de nous concentrer sur les différentes parties d'un système (dans ce cas, les facteurs de risques de blessure) même si elle ne parvient pas à capturer les interactions complexes et non linéaires qui se produisent entre les différentes parties pour former l'ensemble du système.

Les études utilisant des approches réductionnistes peuvent cependant être utilisées pour **informer et mettre en œuvre des approches complexes dans les recherches futures**. En termes simples, la pertinence d'une variable doit être déterminée par des approches réductionnistes (ou conventionnelles), avant d'être utilisée pour prédire des résultats spécifiques.



MÉCANISME LÉSIONNEL



MÉCANISME LÉSIONNEL

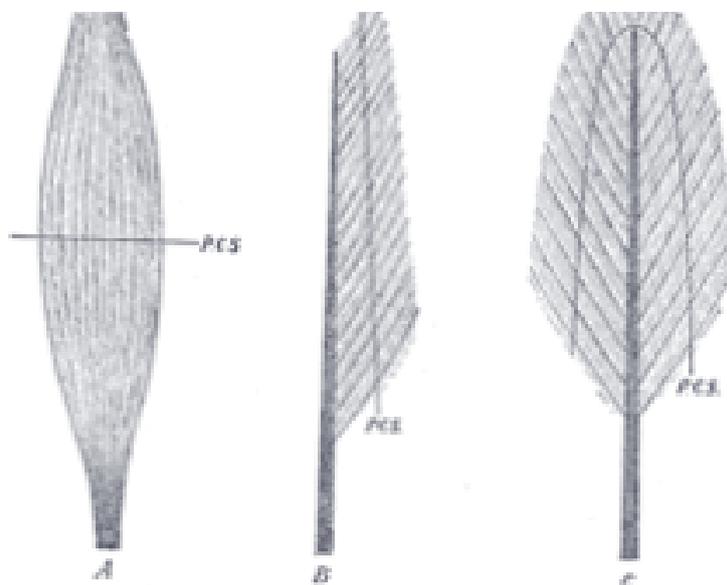
Avant d'étudier le mécanisme de blessure à proprement parler, il est important de comprendre d'une manière détaillée de quoi est constitué le muscle.

LES FIBRES MUSCULAIRES

Les fibres musculaires, principal composant du muscle, sont des cellules ayant la capacité de se contracter pour permettre un mouvement. Il y a des muscles qui traversent une ou plusieurs articulations pour générer des mouvements bi-articulaires. Les muscles ayant une fonction tonique ou posturale sont généralement larges, planaires et situés au niveau d'une seule articulation, avec une faible vitesse de contraction et une capacité à générer et maintenir une force contractile importante. Ils sont généralement situés dans des compartiments plus profonds.

Les muscles impliquant **deux articulations** ont **une plus grande vitesse de contraction** et une plus grande capacité à changer de longueur, mais **moins de capacité à résister à la tension**. Ils sont généralement situés dans des compartiments superficiels, et par conséquent sont plus à risques.

En ce qui concerne la forme, les muscles fusiformes (fibres globalement parallèles - figure A) permettent une plus grande amplitude de mouvement, tandis que les muscles penniformes (fibres obliques par rapport au tendon - figure B et C) ont une plus grande force contractile.



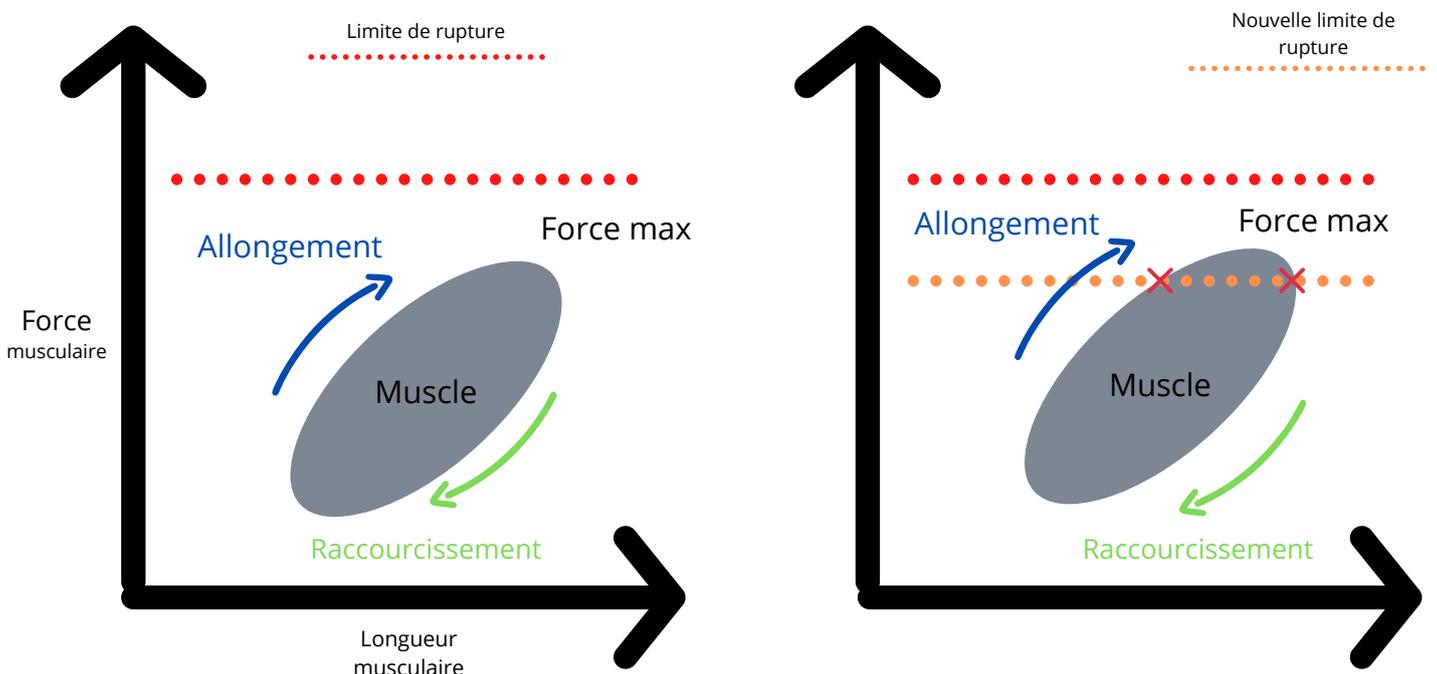
MÉCANISME LÉSIONNEL

La **longueur des fibres** est un déterminant important de la **quantité de contraction** possible dans un muscle. Puisque les myofibrilles présentent généralement une distribution **oblique** dans un chef musculaire, elles sont généralement **plus courtes que la longueur totale du muscle**.

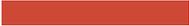
MÉCANISME

La force de traction exercée sur un muscle peut entraîner un **étirement excessif des fibres musculaires** et par conséquent une déchirure à proximité de la jonction muscle-tendon. Les déchirures musculaires sont généralement observées dans les muscles superficiels qui travaillent en traversant **deux articulations**, telles que les muscles droit fémoral, semi-tendineux et gastrocnémien.

Un modèle de mécanisme des blessures musculosquelettiques a été décrit en 2016 par Verall et al. stipulant que les « blessures musculosquelettiques proviennent du fait que le muscle n'est pas capable de produire assez de résistance à des forces d'allongement. » En effet, cela serait applicable à tout type de blessures musculosquelettiques. Comme nous pouvons le voir sur le graphique suivant adapté de Verall et al. les lésions musculaires subviendraient uniquement lors de la phase excentrique (allongement du muscle).



MÉCANISME LÉSIONNEL



Nous voyons les courbes de contraction excentriques et concentriques avec les axes de forces et de longueur. Nous pouvons voir que lorsque la limite de rupture musculaire est abaissée pour cause de fatigue ou de quelconques facteurs de risques, si un point de rupture apparaît durant la contraction concentrique, la force va diminuer, le muscle va donc se raccourcir et ne sera pas exposé à une potentielle rupture. **Or, si ce point de rupture est atteint durant la phase excentrique, le muscle va continuer à produire une force d'allongement, dépassant donc le point de rupture et entrainera donc la blessure.**

PHYSIOPATHOLOGIE - GUÉRISON

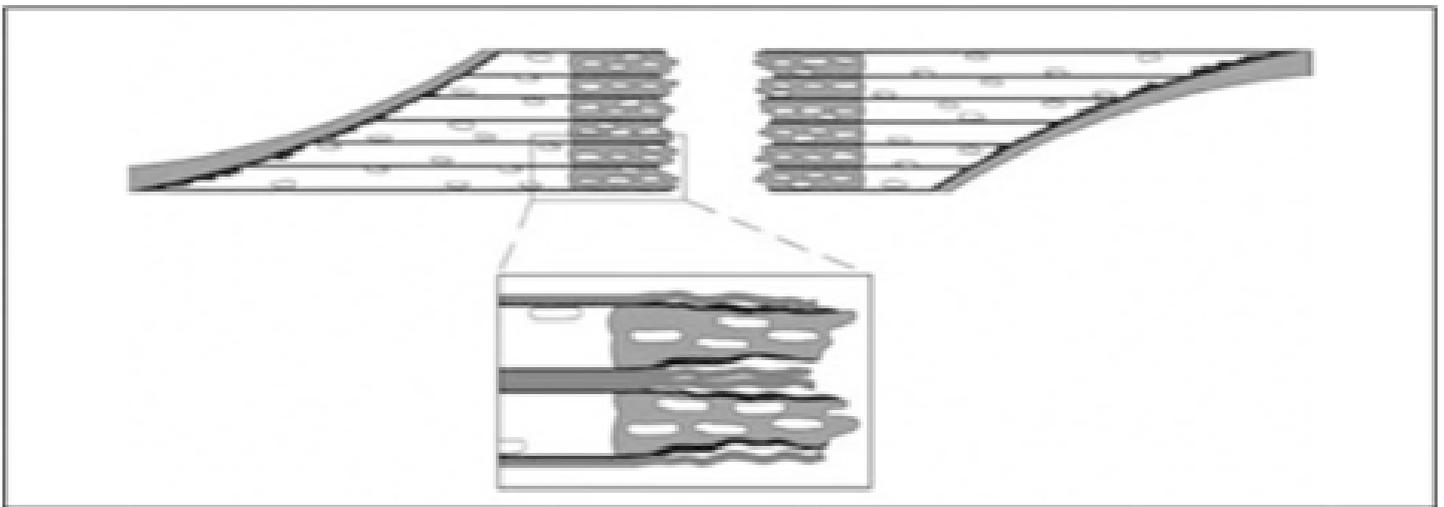
Ce qui distingue la guérison des blessures musculaires notamment de la guérison des os, c'est que dans les muscles, il y a un processus de **réparation**, tandis que dans le tissu osseux, il y a un processus de **régénération**. La guérison des muscles squelettiques suit un ordre constant, sans changement significatif selon la cause (ecchymose, déchirure ou lacération).

Trois phases ont été identifiées dans ce processus: la destruction, la réparation et le remodelage. Les deux dernières de ces phases (réparation et remodelage) se chevauchent et sont étroitement liées.

- **Phase 1** : consiste en **une destruction** et se caractérise par **une rupture** et **une nécrose** ultérieure des myofibrilles, **la formation d'un hématome** dans l'espace créé au sein du muscle déchiré et la prolifération de cellules inflammatoires.
- **Phase 2** : consiste en la **réparation** et le **remodelage**, avec phagocytose du tissu nécrotique, régénération des myofibrilles et production concomitante de tissu cicatriciel conjonctif, avec néoformation des vaisseaux sanguins et croissance neurale.
- **Phase 3** : consiste en un **remodelage**, avec **maturation des myofibrilles régénérées**, contraction et réorganisation du tissu cicatriciel et récupération de la capacité fonctionnelle musculaire.

MÉCANISME LÉSIONNEL

Si la structure affectée comporte des myofibrilles qui sont fusiformes et très longues, il existe **un risque important** que la nécrose commençant au site de la lésion s'étende sur toute la longueur de la fibre. Cependant, il existe une structure physiologique spécifique appelée la **bande de contraction**, constituée de matériel cytosquelettique condensé, qui agit comme un « **système pare-feu** » (Figure ci-dessous).



Crédits: Modified by Lazzaretti Fernandes et al. from: Jarvinen TA, Jarvinen TL, Kaariainen M et al. Muscle injuries: biology and treatment. Am J Sports Med. 2005; 33:745-64

Au fur et à mesure que la phase de destruction diminue, la réparation de la lésion musculaire commence par deux processus simultanés qui se font concurrence : **la régénération des myofibrilles déchirées et la formation de tissu cicatriciel conjonctif**. Une progression équilibrée de ces processus est une condition préalable à une excellente récupération de la fonction contractile du muscle.

Bien que les myofibrilles soient généralement considérées comme non mitotiques (ne se divisant pas à travers la mitose), la capacité de régénération des muscles squelettiques est assurée par un mécanisme intrinsèque qui restaure l'appareil contractile lésé. Au cours du développement embryonnaire, un pool de réserve de cellules indifférenciées appelées **cellules satellites** est stocké sous la lame basale de chaque myofibrille. En réponse à une lésion, ces cellules prolifèrent d'abord, puis se différencient en **myofibrilles** et enfin se rejoignent pour former des **myotubules multinucléés**.

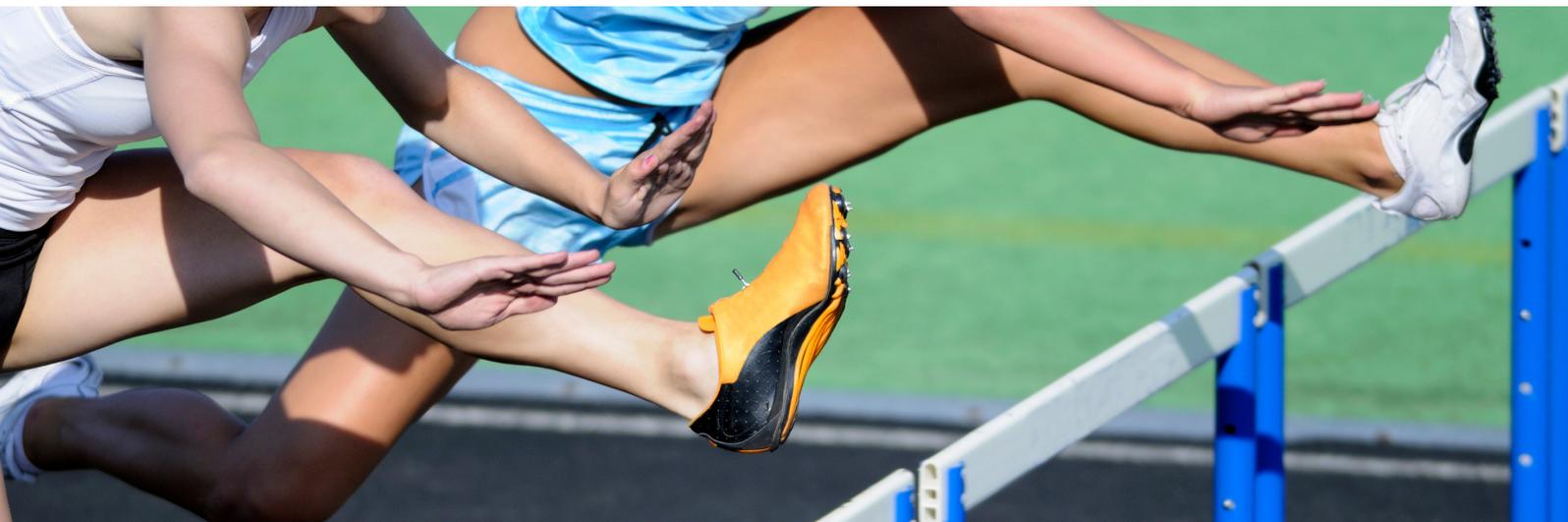
MÉCANISME LÉSIONNEL

Avec le temps, la cicatrice qui se forme a diminué de taille, amenant les bords de la blessure à mieux adhérer les uns aux autres. Cependant, on ne sait pas si la transsection des myofibrilles sur les côtés opposés de la cicatrice fusionnera définitivement les unes avec les autres, ou si un septum de tissu conjonctif se formera entre elles.

Immédiatement après la lésion musculaire, l'espace formé par la déchirure des fibres musculaires est comblé par un **hématome**. Dès le premier jour, les cellules inflammatoires (y compris les phagocytes) envahissent l'hématome et commencent à organiser le coagulum. La fibrine issue du sang et la fibronectine s'intercalent pour former **un tissu de granulation**, qui constitue **un cadre initial pour ancrer les fibroblastes** recrutés au niveau du site lésé. Plus important encore, ce tissu nouvellement formé offre la propriété de tension initiale pour résister aux contractions qui sont appliquées contre lui.

Environ **10 jours** après l'événement traumatique, la maturation de la cicatrice atteint un point où elle n'est plus la partie la plus fragile de la lésion musculaire. Bien que la plupart des lésions musculo-squelettiques guérissent sans formation de tissu cicatriciel fibreux incapacitant, **la prolifération des fibroblastes peut être excessive**, entraînant ainsi la formation de **tissu cicatriciel dense** dans la lésion musculaire.

Un processus vital pour régénérer le muscle blessé est la **vascularisation**. La restauration de l'apport vasculaire est le premier signe de régénération, et c'est une condition préalable à une récupération morphologique et fonctionnelle ultérieure.

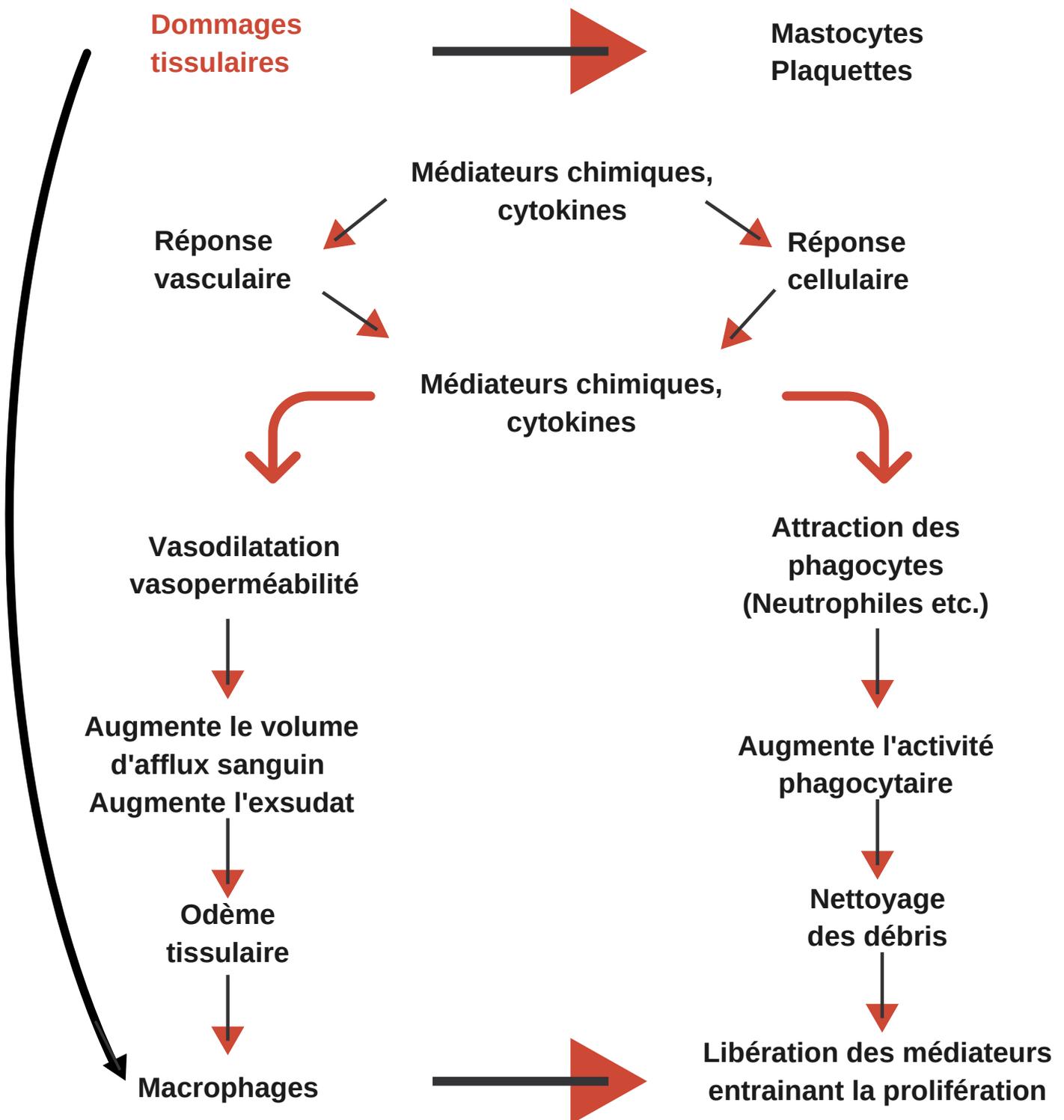


GUÉRISON : L'INFLAMMATION



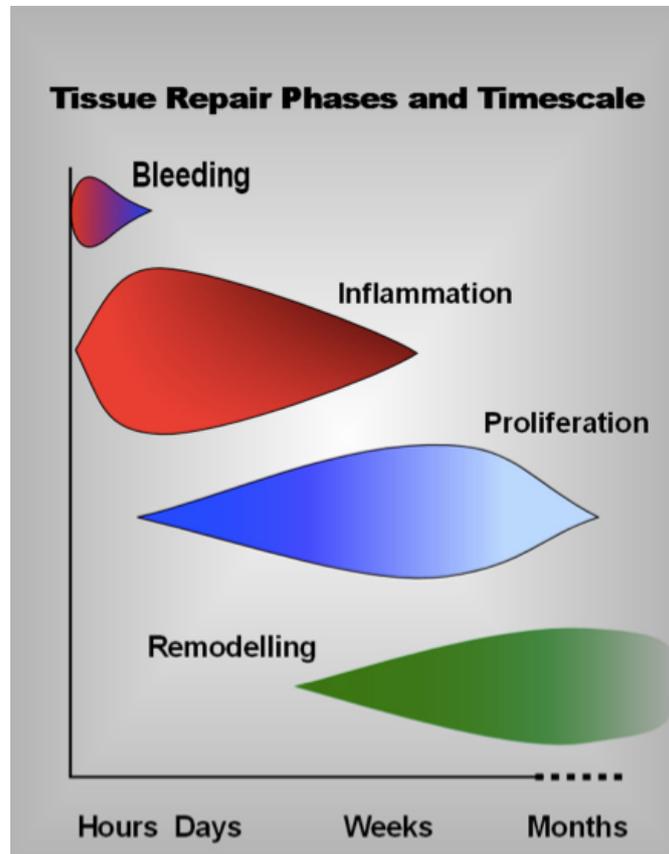
GUÉRISON : L'INFLAMMATION

L'inflammation est une réaction naturelle du corps qui permet la guérison du tissu lésé. L'inflammation est généralement **un processus biologique aiguë** en réponse à un **traumatisme**, cependant dans certains cas certaines étapes de l'inflammation s'étendent dans la durée et dans le temps, laissant place à une inflammation chronique. En cas de blessure musculaire, la réaction inflammatoire est immédiate et s'organise à travers une réaction d'activation en cascade de cette manière :



GUÉRISON : L'INFLAMMATION

À présent, voyons une approche plus globale des 4 étapes de l'inflammation:



Crédits : Tim Watson. Schéma repris de Tim Watson avec accord de l'auteur.

PHASE DE SAIGNEMENT

Il s'agit d'une phase **relativement courte** et qui se produira à la suite d'une blessure ou d'un traumatisme. La durée du saignement variera en fonction de la nature de la blessure et la nature du tissu en question. Les tissus les plus vascularisés (par exemple les muscles) saignent plus longtemps et le sang s'échappe davantage dans les autres tissus. D'autres tissus, comme le ligament par exemple, saignent moins à la fois en termes de durée et de volume. **Il est stipulé que l'intervalle entre la blessure et la fin du saignement est une question de quelques heures (4-6 heures environ), bien qu'il s'agisse bien sûr d'une durée moyenne.** Certains tissus peuvent continuer à saigner pendant une période beaucoup plus longue, bien qu'à un rythme considérablement réduit.

GUÉRISON : L'INFLAMMATION

PHASE DE INFLAMMATOIRE

La phase inflammatoire est une **composante essentielle** du processus de guérison tissulaire et plutôt qu'une « réaction inappropriée » à une blessure. Il existe, bien sûr, de nombreux autres initiateurs du processus inflammatoire (par exemple, traumatismes mineurs répétitifs, irritation mécanique). La phase inflammatoire a un **début rapide** (quelques heures au plus) et **augmente rapidement jusqu'à sa réaction maximale (1-3 jours)** avant de **se résorber progressivement (au cours des deux semaines suivantes)**. Le début et la résolution sont plus rapides dans les tissus plus vascularisés et plus lents dans les tissus relativement mal vascularisés. Les autres initiateurs des événements inflammatoires comprennent l'irritation mécanique, les traumatismes mineurs répétés, la chaleur et le refroidissement excessifs.

PHASE DE PROLIFÉRATION

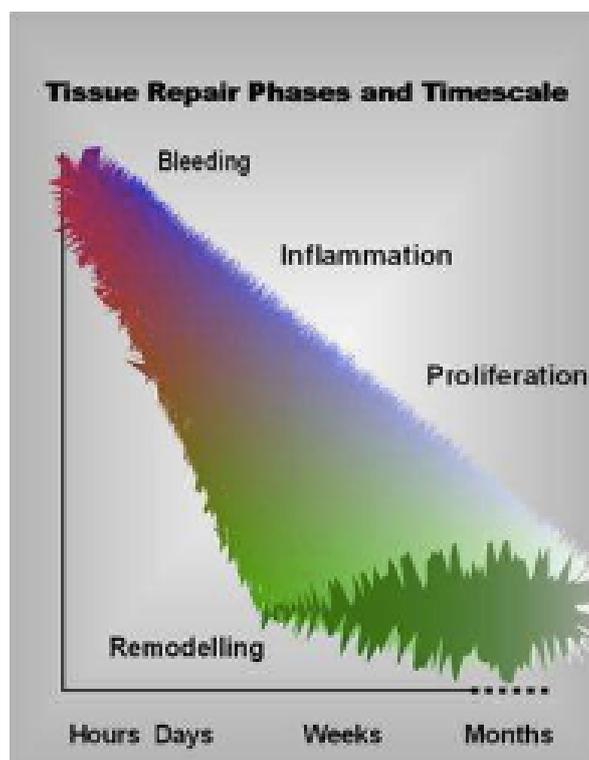
La phase de prolifération implique essentiellement la **génération du matériel de réparation**, qui pour la majorité des lésions musculo-squelettiques, implique la production de composants cicatriciels (collagène). La phase proliférative a un début rapide (24-48 heures) mais prend beaucoup plus de temps pour atteindre **son pic de réactivité, qui est généralement entre 2-3 semaines après la blessure** (plus le tissu est vascularisé, plus le temps nécessaire pour atteindre le pic de production proliférative est court). Ce pic d'activité ne représente pas l'heure à laquelle la production (réparation) de tissu cicatriciel est terminée, mais la phase de temps pendant laquelle **la majeure partie du matériau cicatriciel est formée**. La production d'un tissu final (une cicatrice fonctionnelle et de haute qualité) n'est réalisée que plus tard dans le processus de réparation global. D'une manière générale, on considère généralement que la prolifération s'étend du premier jour ou du deuxième après la blessure jusqu'à son pic à 2-3 semaines et diminue ensuite jusqu'à plusieurs mois (généralement 4-6) après le traumatisme.

GUÉRISON : L'INFLAMMATION

PHASE DE REMODELAGE

La phase de remodelage est une phase de réparation souvent qui attire probablement le plus d'attention en raison de son importance, notamment dans le cadre de la thérapie et de la rééducation. **Il s'agit de la phase permettant au tissu guéri (cicatrice organisée, fonctionnelle et de qualité) de se comporter comme le tissu pré-blessure.** La phase de remodelage a été largement citée comme commençant à peu près au même moment que le pic de la phase de prolifération (2-3 semaines après la blessure), mais des preuves plus récentes appuieraient la proposition selon laquelle **la phase de remodelage commence en fait plus tôt que cela, et il serait raisonnable de considérer le point de départ comme étant la première semaine.**

Nous en venons donc à un schéma un peu plus réaliste des 4 phases de la réaction inflammatoire laissant alors place à une superposition des phases plutôt qu'une succession:



Crédits : Tim Watson. Schéma repris de Tim Watson avec accord de l'auteur.

GUÉRISON : L'INFLAMMATION

REMISE EN QUESTION DE L'USAGE DE LA GLACE DANS LES BLESSURES MUSCULOQUELETTIQUES AIGUE

Après avoir abordé la réaction inflammatoire en détail, une question peut alors subsister dans nos têtes : étant synonyme de vasoconstriction et de réduction de l'inflammation, devrait-on continuer à appliquer de la glace en cas de blessures musculosquelettiques ? Grâce à l'accord du docteur et kinésithérapeute Bahram Jam nous allons pouvoir nous pencher sur le sujet.

Le corps a-t-il vraiment besoin d'aide pour réduire l'inflammation ?

Ce que dit la science. Le système lymphatique élimine naturellement et lentement tous les déchets et l'accumulation de liquide en excès causée par le processus inflammatoire. On a même émis l'hypothèse que **le glaçage d'une blessure pourrait paradoxalement restreindre le flux lymphatique et favoriser l'accumulation de liquide** (Starrett K: Mobilitywod 2012). Dans une étude expérimentale (Takagi et al 2011), une partie du muscle commun extenseur des orteils de rats anesthésiés a été écrasée pendant 30 secondes à l'aide d'une pince à laquelle un poids (500 g) était fixé. Immédiatement après la blessure, les rats ont été divisés au hasard en deux groupes, le groupe sans glaçage et le groupe glacé, où ils ont légèrement placé de la fine glace pilée dans un minuscule sac en polyéthylène sur la patte postérieure blessée pendant 20 minutes. À 12 h et 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14 et 28 jours après la blessure, leurs muscles blessés ont été analysés au microscope et physiologiquement. Les résultats ont été résumés et beaucoup simplifiés, les données de cette étude sont dans le tableau suivant.

2 h après la blessure : moins de macrophages sont trouvés au sein du tissu nécrotique du groupe glacé.

3 jours après la blessure : les cellules régénératrices sont présentes en plus petites quantités dans le groupe glacé.

4 jours après la blessure: toujours dans ce dernier, la taille des cellules régénératrices est plus petite que chez le groupe non glacé.

GUÉRISON : L'INFLAMMATION



REMISE EN QUESTION DE L'USAGE DE LA GLACE DANS LES BLESSURES MUSCULOQUELETTIQUES AIGUE

14 jours après la blessure : la maturation de régénération des fibres musculaires était visiblement réduite chez les individus glacés alors qu'elle apparaît normale chez les individus non glacés.

28 jours après la blessure : l'aire de régénération musculaire était 65 % plus importante chez les individus non glacés. Chez les individus non glacés, les fibres de collagène entourent chaque fibre musculaire ce qui est bon signe.

Chez le groupe glacé les fibres de collagène englobent les faisceaux musculaires, il s'agit donc une formation de collagène anormale.

Est-il donc bon de réduire l'inflammation ?

En 2017, Singh et al, l'ont affirmé : **la glace peut empêcher la mise en place du processus inflammatoire**, ainsi que quelques aspects de **l'angiogenèse** (croissance de vaisseaux sanguins à partir de vaisseaux sanguins préexistants) et de la **néovascularisation**. Il faut à tout prix garder en tête que lors d'une blessure, à partir de $t=1s$ nous devons absolument tout mettre en place pour réduire le temps d'absence du sportif tout en assurant sa sécurité et son bien-être afin d'éviter une lésion secondaire. Mais les études récentes tendent à montrer que si la douleur est acceptable, la prise d'anti-inflammatoire ainsi que l'utilisation de glace pour limiter l'inflammation n'était pas la meilleure option.

Bien évidemment, il faut disposer d'un esprit critique, peut être que dans certains cas la glace peut s'avérer être efficace en cas de douleurs très intenses, ou de gonflement incontrôlé. **Il ne faut pas être radical, chaque cas est différent, chaque prise en charge également.**

FOCUS ISCHIO-JAMBIERS



FOCUS ISCHIO-JAMBIERS

Les blessures aux ischio-jambiers (IJ) sont probablement l'un des plus gros enjeux de la prévention et de la rééducation. **Il s'agit du site le plus touché des lésions musculaires chez les footballeurs européens (37%)**. Les IJ possèdent une forte activité excentrique ce qui les expose donc au risque accru de blessures.

MÉCANISME DE BLESSURE

Nous comprenons maintenant que certains types de blessures aux ischio-jambiers sont plus susceptibles de nécessiter une rééducation prolongée et un return-to-play (RTP) retardé. Askling et al. ont proposé deux types de mécanismes de blessures aux ischio-jambiers:



- **Lors d'un sprint et d'une soudaine décélération:** Il s'agit de la déchirure la plus commune, les forces excentriques sur les IJ pour retenir l'extension de genou sont alors trop puissantes par rapport à la force du tissu, le muscle se rompt. Elles touchent en général **le chef long du biceps fémoral au niveau de la jonction musculotendineuse proximale**. En se basant d'un point de vue anatomique, dû aux différences de vascularisation, plus la lésion est proche de la tubérosité ischiale, plus la rééducation sera longue. Sur les 4 études réalisées sur la relation entre le RTP et la proximité de la blessure à la tubérosité ischiale, 3 ont reporté que plus la lésion est proche de la tubérosité ischiale plus le RTP est long et 1 étude stipule qu'il n'y a aucune relation entre le RTP et la localisation de la lésion.

FOCUS ISCHIO-JAMBIERS

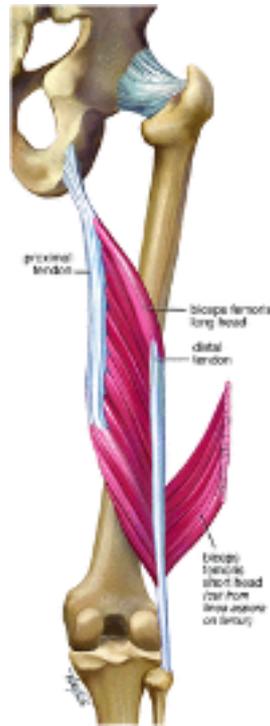


- **Lors d'une flexion de hanche excessive « overstretch »** : une flexion de hanche excessive peut également entraîner une déchirure des IJ, en revanche, dans ce cas-là c'est **le semi-membraneux** qui est plus souvent affecté. La rééducation est **plus longue** pour ce type de lésion.

De plus, **l'architecture des tendons** peut être un facteur dans le développement des blessures aux ischio-jambiers : Rehorn et Blemker, utilisant un modèle tridimensionnel, ont initialement suggéré que la **morphologie de l'aponévrose du chef long du biceps fémoral (clBF)** pourrait jouer un rôle important dans la détermination des distributions d'étirement dans tout le muscle. D'autres ont suggéré que la variabilité des largeurs d'aponévrose peut être importante pour déterminer **la sensibilité aux blessures musculaires**. Des études ont suggéré qu'une aponévrose proximale relativement petite ou étroite du clBF peut être prédictive d'une lésion aux ischio-jambiers.

Les ischio-jambiers ont un tendon intramusculaire complet s'étendant sur plus ou moins **toute la longueur du chef musculaire**. Ce tendon peut être décrit comme le « tendon central ». Il existe également des variations anatomiques de ce tendon central, car certains sont complètement entourés de tissu musculaire alors que d'autres se situent à côté du tissu musculaire lui-même. Les tendons centraux des ischio-jambiers vont de la tubérosité ischiatique vers différents sites d'insertion médiaux (les muscles semi-membraneux et semi-tendineux) et latéraux (le muscle biceps fémoral) autour de l'articulation du genou. **Les blessures impliquant le tendon central pourraient être la cause des lésions chroniques aux IJ et sont associées à un RTP prolongé.** Sur la figure en page suivante, nous pouvons observer les tendons centraux proximal et distal du biceps fémoral.

FOCUS ISCHIO-JAMBIERS

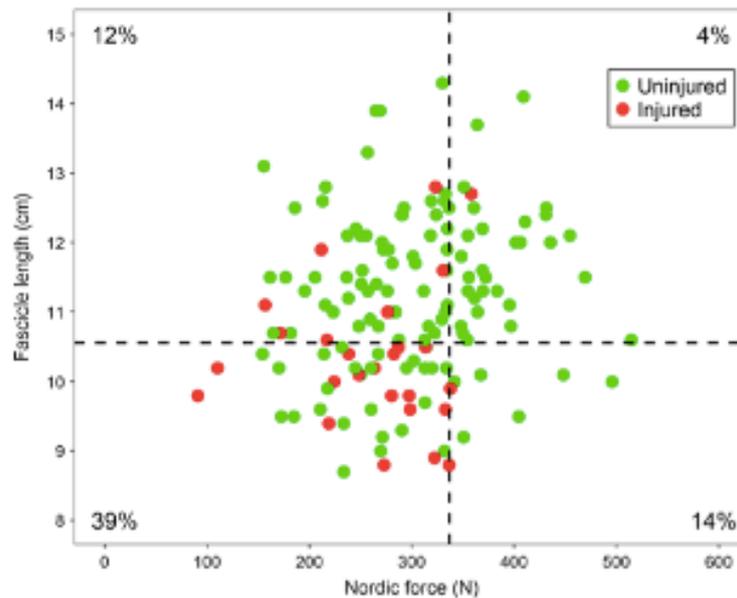


Crédits : Brukner and Connell 2016.

FACTEURS DE RISQUES

Plusieurs facteurs de risques peuvent prédisposer un athlète à des blessures subséquentes. Cet excellent graphique, que nous avons pu utiliser grâce à l'accord du grand auteur, le Dr. Matthew N. Bourne, établit **une relation entre l'incidence des blessures lors de la saison régulière, la force excentrique et la longueur du fascicule du chef long du biceps fémoral mesuré en pré-saison** chez les footballeurs professionnels. **Les points rouges** représentent les joueurs ayant subi une lésion musculaire aux IJ et **les points verts** sont les joueurs n'ayant pas subi de blessures aux IJ. Les lignes en pointillés représentent les « cut-points » pour lesquels les athlètes sont à risques ou non.

FOCUS ISCHIO-JAMBIERS



Crédits : Bourne M. et al. 2018

Nous remarquons donc que les joueurs avec un **fascicule court du chef long du biceps fémoral (< 10,56 cm)** et une **faible force excentrique (< 337 N)** sont 4.1 à 4.4 fois plus susceptibles de subir une blessure aux IJ que les joueurs ayant de plus longs fascicules et une plus grande force excentrique. **Nous comprenons donc mieux pourquoi la prévention comme la rééducation doit renforcer le muscle de manière excentrique.**

RÉCIDIVES

Une nouvelle blessure après un RTP reste un problème majeur. Elle est plus fréquente lorsque la blessure implique le biceps fémoral. **Le nombre de blessures antérieures aux ischio-jambiers, le manque d'extension active du genou, le déficit de force de flexion isométrique du genou à 15 ° et la présence d'inconfort localisé à la palpation juste après le RTP** sont également associés à une augmentation du taux de récurrences aux ischio-jambiers. Il y a de plus en plus de preuves que même après le RTP, la force excentrique des ischio-jambiers est réduite, ce qui peut être un facteur dans le taux de récurrence élevé de ces blessures.

FOCUS ISCHIO-JAMBIERS



L'inhibition neuromusculaire induite par la douleur lors de la contraction volontaire des IJ à la suite d'une lésion musculaire peut s'avérer néfaste pour la guérison du site lésé, car cela limite l'exposition des IJ aux stimuli excentriques lors de la rééducation ou de la reprise avec douleur. Si le site n'est pas assez exposé à des stimuli excentriques, cela peut entraîner de mauvaises adaptations musculaires et entraîne **une faiblesse excentrique chronique des IJ, une atrophie localisée, et des changements de moments de force**. Timmins et al ont récemment démontré **une longueur de fascicule du biceps fémoral plus courte, un angle de pennation (angle formé par les fibres musculaires) accru** ainsi qu'une **force excentrique réduite** dans les ischio-jambiers précédemment blessés.

DE LA RECHERCHE À LA PRATIQUE

Comment pouvons-nous amener la recherche à la pratique clinique ? Premièrement, il faudrait peut-être mettre davantage l'accent sur la réduction de la douleur dans les premiers jours après une blessure aux ischio-jambiers afin de **réduire l'inhibition neuromusculaire associée à la douleur**, tout en encourageant **l'activation musculaire précoce**, en particulier l'exercice excentrique sur des longueurs musculaires plus importantes et le retour précoce à la course avec progression rapide vers la course à grande vitesse. Alors que le concept de l'entraînement musculaire excentrique en tant qu'élément important du processus de rééducation existe depuis de nombreuses années, il apparaît maintenant que **ces exercices doivent être en position ou le muscle est d'ores et déjà allongé**. Cela a du sens lorsque l'on sait que la majorité des blessures aux muscles ischio-jambiers sont situées dans le chef long du biceps fémoral, un muscle qui chevauche à la fois les articulations de la hanche et du genou. **L'exercice de leg curl standard, par conséquent, ne fonctionne pas suffisamment sur le chef long**. En conséquence, l'allongement des exercices excentriques tels que **l'exercice nordique des ischio-jambiers (NHE), le Romanian dead lift** et les exercices «**Extender**», «**Diver**» et «**Glider**» d'Askling deviennent désormais le pilier de la rééducation après une blessure

FOCUS ISCHIO-JAMBIERS

RÉÉDUCATION

Malliaropoulos et al ont évoqué **différents paramètres** à prendre en compte lors de la rééducation : le mécanisme de blessure, la jambe dominante, le muscle touché, le site précis (proximité de l'insertion, etc.) du muscle touché et la longueur du muscle plutôt que la force en elle-même.



Crédits: NeuroXtrain

FOCUS ISCHIO-JAMBIERS



Pendant un certain nombre d'années, le seul essai clinique randomisé comparant différents programmes de rééducation des ischio-jambiers a été l'étude Sherry et Best, qui a rapporté des taux de blessures nettement inférieurs chez les athlètes qui ont suivi **un programme de travail d'agilité progressif et de stabilisation du tronc** (PATS « Progressive Agility and Trunk Stabilisation »), par rapport à ceux dont les programmes de rééducation étaient axés sur les ischio-jambiers isolés (renforcement et étirement). Silder et al ont démontré un degré similaire de récupération musculaire au moment du return-to-play chez les patients souffrant d'une lésion aiguë des IJ traités avec le programme PATS ou un programme mettant fortement l'accent sur le renforcement excentrique (PRES « Program Eccentric Strengthening »).

Askling et al ont réalisé deux études identiques, une chez les footballeurs et l'autre chez les sprinters et les sauteurs, et ont démontré **qu'un protocole de rééducation consistant principalement d'exercices visant à allonger le muscle (L Protocol) est plus efficace qu'un protocole conventionnel pour favoriser le retour au sport après une blessure aiguë aux IJ.**

LE "L-PROTOCOL"

Très connu dans le monde du football, le "L-protocol" d'Askling se base sur 3 exercices excentriques qui permettraient un retour à la compétition évitant les récurrences et plus rapide (**28j contre 54j en moyenne**). Ces exercices sont complexes, l'exécution initiale doit être lente et petit à petit une progression en rapidité peut se réaliser.

Les 3 exercices sont :

FOCUS ISCHIO-JAMBIERS

« **L'extender** » : Hanche à 90° + lentes extensions de genou (2/j 3x12)



Crédits: NeuroXtrain

« **Le diver** » : Jambe lésée en appui 10-20° de flexion de genou + buste qui bascule vers l'avant en conservant l'alignement naturel et la jambe arrière à 90° (1x tous les 2j – 3x6).



Crédits: NeuroXtrain

FOCUS ISCHIO-JAMBIERS

« **Le glider** » : Pour cet exercice il faut s'aider d'une rampe ou d'un élastique. Poids sur le talon de la jambe lésée à 10-20° de flexion du genou + jambe saine glisse vers l'arrière et s'arrête avant que la douleur ne soit ressentie. Retour uniquement grâce à la force des bras. (1x tous les 3j – 3x4);



Crédits: NeuroXtrain

Valle et al. sont arrivés à proposer un traitement complet qui prend en compte plusieurs types d'entraînement de parties du corps afin de maximiser les bénéfices du traitement et d'éviter les récurrences. Également adopté par le FC Barcelone, voici le traitement complet :

FOCUS ISCHIOJAMBIERS

***ESH:** "ELONGATION STRESS ON HAMSTRINGS" IL S'AGIT D'UN OUTIL PERMETTANT D'ESTIMER LA TENSION SUR LES IJ. IL SE CALCULE EN SOUSTRAYANT L'ANGLE DE FLEXION DU GENOU À L'ANGLE DE FLEXION DE LA HANCHE.

PHASE AIGUË

PHASE SUBAIGUË

PHASE FONCTIONNELLE

Sur une surface stable puis progression vers une surface instable (Airex, coussin instable, etc.)

Flexion de genou : débuter à 10° puis progresser jusqu'à 30°

Mouvements statiques pour commencer puis progression avec des mouvements dynamiques.

Augmenter l'instabilité (bosu, planche en bois instable, rocker board etc.)

Flexion du genou : progresser jusqu'à 45°

Mouvements réactifs modérés / Mouvements en force modérés

Mouvements + actifs et amples

Surface instable

Flexion de genou : progresser jusqu'à 90°

Mouvements intenses en force et en réaction

PROPRIOCEPTION

CEINTURE ABDOMINALE, STABILITÉ LOMBO-PELVIENNE

Exercices statiques sur une surface stable, en plan transversal, sagittal et frontal.

Exercices dynamiques sur une surface stable, en plan transversal, sagittal et frontal puis progresser sur une surface en 1 point instable (swiss ball, Airex)

Exercices dynamiques sur 2 points instables (TRX, Swiss ball etc.)

Exercices en position debout, visant à imiter les mouvements et contractions spécifiques au sport (accélération, décélération, stabilisation dynamique)

FOCUS ISCHIOJAMBIERS

***ESH:** "ELONGATION STRESS ON HAMSTRINGS" IL S'AGIT D'UN OUTIL PERMETTANT D'ESTIMER LA TENSION SUR LES IJ. IL SE CALCULE EN SOUSTRAYANT L'ANGLE DE FLEXION DU GENOU À L'ANGLE DE FLEXION DE LA HANCHE.

AMPLITUDE ET FLEXIBILITÉ

Étirement avec ESH* < 45°. Éviter la douleur.

Étirement avec ESH* < 70°. Éviter la douleur.

Pas de limites.

FORCE ET PUISSANCE

ESH* < 45°, éviter la douleur.

Mouvement isolé : Flexion de genou /extension de hanche. Progression à la combinaison des deux mouvements.

Initiation du travail en chaîne cinétique fermée : Exercices bipodaux puis progression en unipodaux.

Travail en : (ESH* >45°)

- 1) Isométrique
- 2) Concentrique
- 3) Excentrique

Progression possible en allongeant le muscle en évitant la douleur et l'inconfort.

ESH* < 70°, éviter la douleur.

Dans les limites de cet ESH*, progresser en amplitude, charge et vitesse. Possibilité de combiner ces différents composants.

Chaîne cinétique ouverte et fermée en uni et bipodal.

Pas de limites.

Progresser en vitesse, charge, durée, complexité, et amplitude.

Application d'exercices de renforcement dans le plan horizontal

FOCUS ISCHIOJAMBIERS

***ESH:** "ELONGATION STRESS ON HAMSTRINGS" IL S'AGIT D'UN OUTIL PERMETTANT D'ESTIMER LA TENSION SUR LES IJ. IL SE CALCULE EN SOUSTRAYANT L'ANGLE DE FLEXION DU GENOU À L'ANGLE DE FLEXION DE LA HANCHE.

ESH* < 45°, éviter la douleur.

Afin de réduire la contraction excentrique, commencer sur une surface « soft » (ex : tapis) puis progresser sur une zone plus « dure » (ex : goudron, terrain, etc.)

Commencer à marcher sur un tapis roulant, vitesse < 8km/h, 5% de pente afin de réduire le ESH*.

ESH* < 70°, éviter la douleur.

Commencer sur une surface « soft » puis progresser sur une zone plus « dure » (ex : goudron, terrain, etc.)

Course sur tapis, progresser jusqu'à 70% de la vitesse maximale de l'athlète, 3% de pente pour réduire le ESH*.

Aucune limite.

Course sur surface dure.

Progresser jusqu'à la vitesse maximale sur du plat puis progresser sur une course en descente afin d'allonger l'ESH*.

NEUROMUSCULAIRE
ET FITNESS



FOCUS ISCHIOJAMBIERS

PRÉVENTION

Prédire les blessures est probablement **l'un des plus grands enjeux** de la médecine sportive actuelle. Les tentatives précédentes pour développer une stratégie afin de prédire **la probabilité de blessures aux ischio-jambiers ont été basées sur des tests isocinétiques**. Plus récemment, d'autres tests ont été proposés. Freckleton et al ont démontré **qu'un déficit significatif dans les scores du pont ischio-jambiers à une jambe (SLHB)** en pré-saison s'avère être un bon moyen de prédire des lésions à la jambe en question. L'âge, les blessures antérieures au genou et les antécédents de blessures aux IJ consistent en d'autres facteurs de risque non négligeable.

Shield et Opar ont conçu un test, le Nordic Board Test, pour mesurer la force des ischio-jambiers sur la base du nordic curl. Leur étude a démontré que :

- (1) le dispositif expérimental montrait **une fiabilité test-retest** élevée à modérée pour les mesures lorsque le nordic curl était réalisé bilatéralement, mais **une fiabilité médiocre lors des tests unilatéraux**.
- (2) Les athlètes d'élite ayant des **antécédents unilatéraux de blessure** aux IJ au sein des 12 mois précédents ont montré une faiblesse excentrique des IJ dans leur membre blessé par rapport à leur membre non blessé et également par rapport aux membres des athlètes de plus bas niveau non blessés.

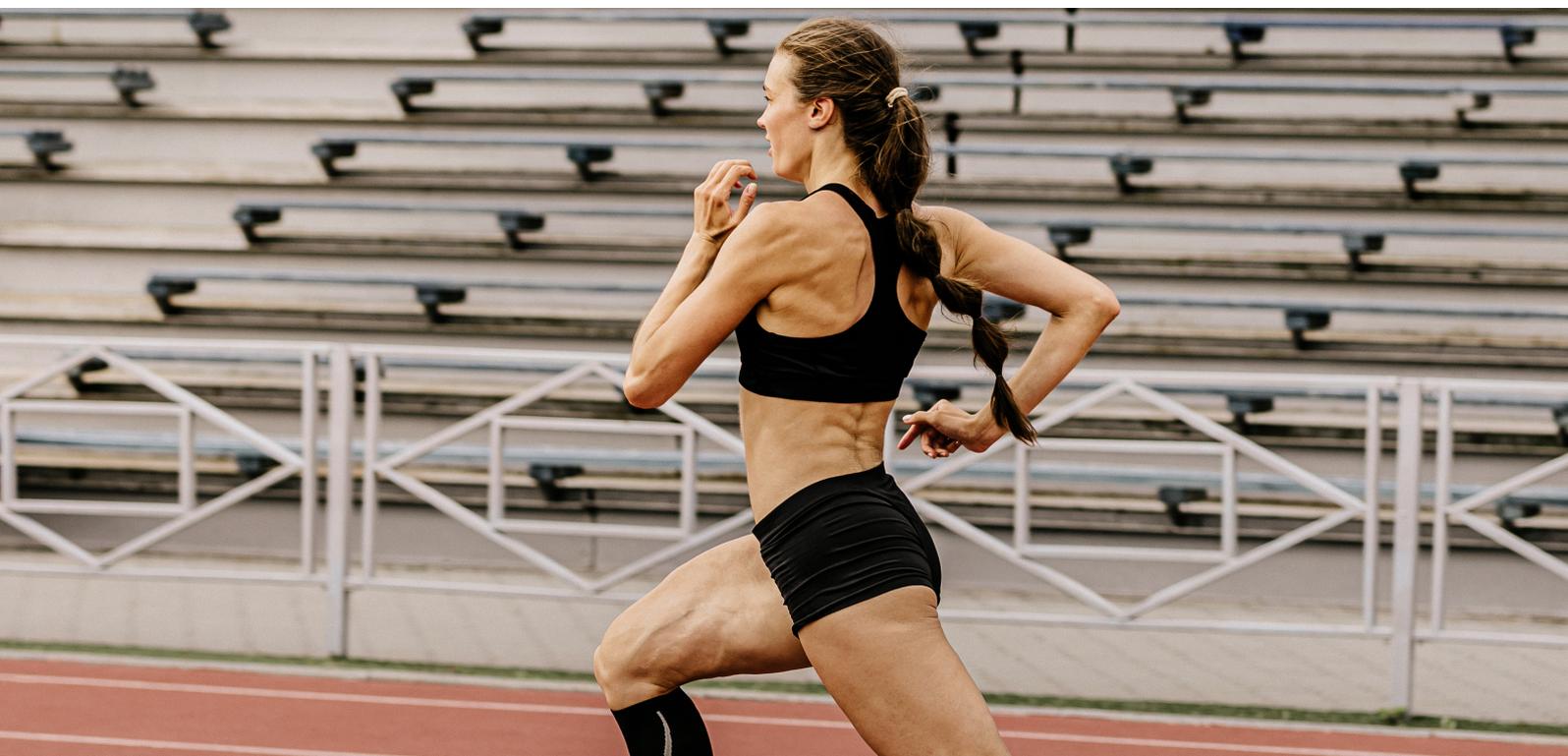


FOCUS ISCHIOJAMBIERS

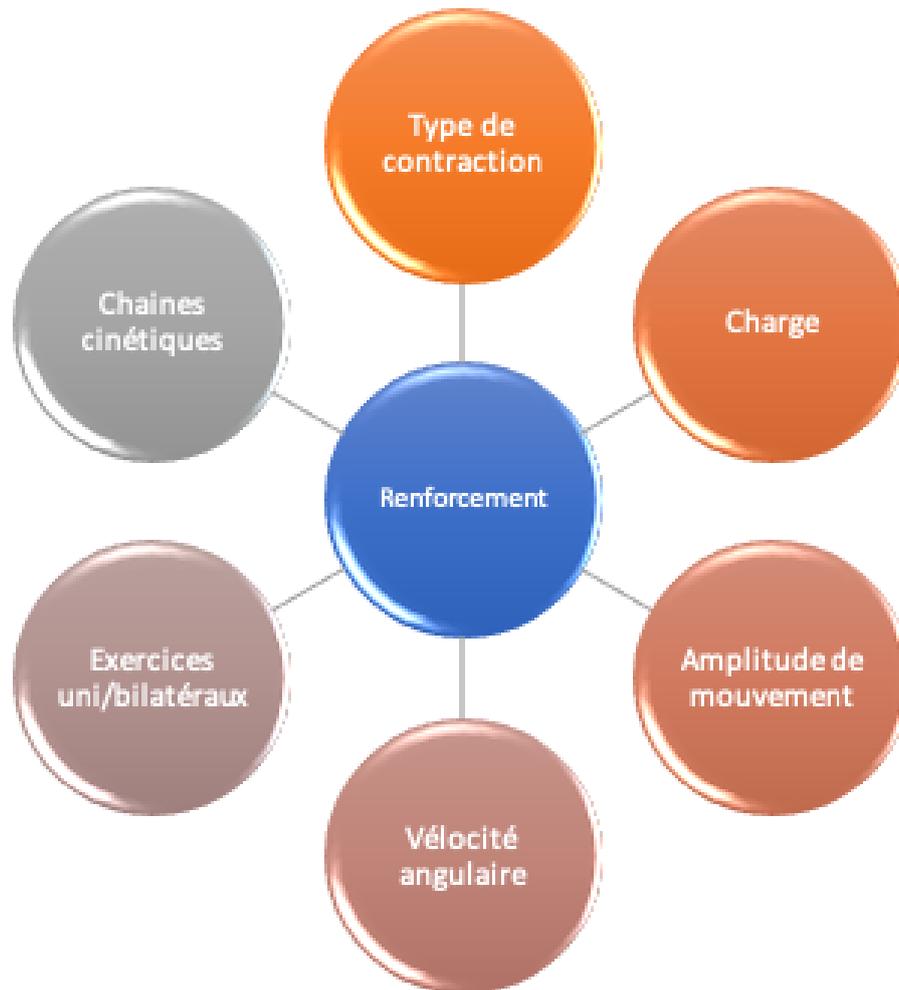
Une autre étude a examiné **la force des ischio-jambiers mesurée avec un dynamomètre manuel** et la **distance atteinte dans un test de saut de jambe unique**. Ils ont constaté qu'**une faible force maximale des ischio-jambiers en contraction excentrique, un rapport de force isométrique / excentrique plus élevé** étaient des **facteurs de risque importants** pour une blessure aux ischio-jambiers subséquente.

Enfin, dans un rapport de cas, Schache et al ont examiné l'utilisation d'un suivi clinique régulier de la force des ischio-jambiers pendant une saison chez des joueurs de football ayant des **antécédents de blessure** aux ischio-jambiers. Il a été conclu que **la mesure hebdomadaire de l'asymétrie isométrique maximale de contraction volontaire des ischio-jambiers** sur une base hebdomadaire peut être utile pour identifier les effets indésirables à la charge (c.-à-d. Inhibition neuromusculaire, présence de symptômes ou les deux) qui pourraient représenter des signes avant-coureurs de blessures aux ischio-jambiers.

Guex et Millet ont suggéré **un cadre conceptuel** pour réaliser les exercices ciblant les muscles ischio-jambiers de **manière spécifique à la phase terminale de swing** lors du sprint basé sur six paramètres clés (type de contraction, charge, amplitude de mouvement, vitesse angulaire, exercices unilatéraux / bilatéraux, chaîne cinétique) pour la prévention des blessures.



FOCUS ISCHIOJAMBIERS



Crédits: NeuroXtrain

Ils ont préconisé que dans les sports de sprint, **les contractions excentriques à charges importantes doivent être effectuées à une vitesse angulaire lente à modérée et concentrées sur l'articulation du genou, tandis que la hanche est maintenue dans une position de flexion (80°)** afin d'exposer les ischio-jambiers à une contrainte d'allongement plus importante que celle qui se produit dans la phase d'oscillation terminale. Ils ont stipulé qu'en conséquence, pendant le sprint, les athlètes seraient mieux entraînés à **freiner l'extension du genou** de manière efficace dans toute l'amplitude du mouvement sans étirement excessif des ischio-jambiers. Ils ont également préconisé **des exercices unilatéraux de chaîne cinétique ouverte** basés sur leur application fonctionnelle. Après avoir analysé certains des exercices de renforcement des ischio-jambiers fréquemment utilisés, ils sont parvenus à la conclusion que « **l'exercice optimal n'avait pas encore été conçu** ». Enfin, ils ont noté que la prévention des contraintes n'est pas seulement une question de force, mais dépend également du moment de la contraction, ou d'une combinaison des deux.

FOCUS ISCHIOJAMBIERS

Comme dit le dicton, il vaut mieux prévenir que guérir et il est prouvé qu'un programme d'exercices excentriques des ischio-jambiers, comme l'entraînement iso-inertiel ou le nordic curl, peut **réduire l'incidence des blessures musculaires** des IJ. Le programme de nordic curl recommandé est de **trois sessions par semaine pendant 10 semaines** lors de la pré-saison et par la suite, **une session par semaine** a été intégrée dans les entraînements de nombreux clubs de football. Une étude italienne a démontré une réduction des blessures dans un club de football amateur en utilisant le programme de prévention des blessures FIFA 11+ avec l'ajout de nordic curl.

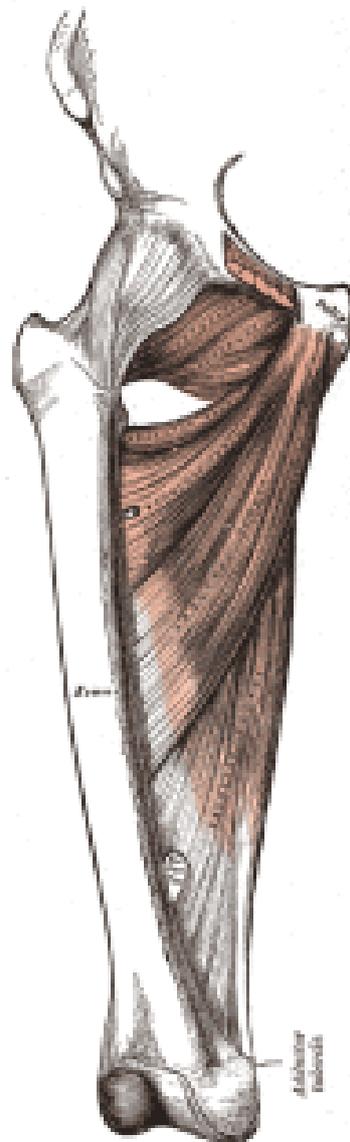


FOCUS ADDUCTEURS



FOCUS ADDUCTEURS

Les blessures aux adducteurs sont très fréquentes dans le monde du sport. Exposés aux lésions par les nombreux **changements de direction**, **sprints** et **décélérations** effectués par l'athlète, nous pouvons distinguer les traumatismes aux adducteurs en deux catégories : **les lésions musculaires du complexe des adducteurs** et **la douleur à l'aine liée aux adducteurs**.



Crédits: Grays Anatomy.

FOCUS ADDUCTEURS



PARTIE 1 - LES LÉSIONS MUSCULAIRES

La lésion musculaire à l'adducteur est une blessure courante chez les joueurs de football, de hockey, de football américain, de basket-ball, tennis, etc. Les facteurs de risque comprennent **une blessure antérieure à la hanche ou à l'aîne**, qui est probablement le risque le plus important, mais également **un manque de force des adducteurs**, la **fatigue musculaire**, une **diminution de l'amplitude des mouvements de hanche** et une souplesse inadéquate du complexe musculaire des adducteurs. Des anomalies biomécaniques, notamment une **pronation excessive des pieds** ou **un écart important de longueur de jambe**, peuvent également y contribuer.

Un changement de direction soudain provoque une **adduction rapide** de la **hanche contre une force d'abduction de l'autre jambe**, exerçant une forte pression sur le tendon. Une accélération soudaine comme lors d'un sprint est le mécanisme de blessure le plus courant. Le saut et l'étirement excessif des tendons des adducteurs sont des causes moins courantes.

La plupart des contraintes appliquées aux tendons surviennent lorsque le muscle est **étiré** tout en étant **contracté concentriquement**. Le **pic de force excentrique** est placé sur le complexe adducteur lorsque la jambe est en **rotation externe et en abduction**. Les blessures aux adducteurs se produisent généralement lorsque l'athlète prend un appui dans la direction opposée. En conséquence, les muscles adducteurs se contractent pour générer des forces excentriques et concentriques opposées afin de changer de direction.

La jambe dominante est plus souvent blessée et plus susceptible de subir une blessure importante.

Par exemple, un joueur de football essayant de frapper un ballon avec une jambe tournée vers l'extérieur en utilisant l'intérieur de son pied. Si sa jambe se balançant en adduction rencontre une force d'abduction résistive importante telle qu'un autre joueur, cela peut placer une charge importante sur le complexe des adducteurs entraînant des blessures.

FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 1 - LES LÉSIONS MUSCULAIRES

La **jonction musculotendineuse** est le site de blessure le plus courant lors d'une lésion musculaire. Les tendons des adducteurs ont une petite zone d'insertion qui se caractérise par **une zone de vascularisation médiocre** et une **innervation très riche** qui aide à expliquer le degré accru de douleur perçue.

Le **long adducteur** est le muscle le plus souvent lésé et représente **62% à 90% des cas**. On suppose que cela se produit en raison de son faible rapport tendon / muscle (longueur) à l'origine. Les joueurs de rugby dont le rapport de résistance adducteur-abducteur est inférieur à 80% sont 17 fois plus susceptibles de subir une blessure à l'adducteur.

La **lésion musculaire** est la principale blessure chez les athlètes, représentant jusqu'à **31%** des visites médicales. Parmi les footballeurs européens, les lésions des muscles adducteurs étaient le deuxième groupe musculaire le plus fréquemment blessé (23%) derrière les ischiojambiers (37%).

TRAITEMENT

La plupart des lésions aux adducteurs sont traitées de manière **conservatrice**. La prise en charge initiale comprendra le protocole **PEACE & LOVE**.

FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 1 - LES LÉSIONS MUSCULAIRES

- P**  **PROTECTION**
Cesser toutes activités provoquant de la douleur lors des premiers jours.
- E**  **ÉLÉVATION**
Soulever le membre atteint le plus souvent possible, de sorte qu'il soit plus haut que le cœur.
- A**  **ANTI-INFLAMMATOIRES À ÉVITER**
S'abstenir de prendre des anti-inflammatoires et d'appliquer de la glace.
- C**  **COMPRESSION**
Installer un bandage élastique, ou encore mieux un taping compressif, pour réduire le gonflement initial.
- E**  **ÉDUCATION**
Enseigner les bonnes pratiques afin d'éviter la surinvestigation médicale, la surmédication et les modalités passives inutiles.
- &**
- L**  **LOAD**
Quantifier son stress mécanique en intégrant de la mise en charge et du mouvement, sans occasionner de douleur.
- O**  **OPTIMISME**
Être confiant et positif; conditionner son cerveau en vue d'une guérison optimale.
- V**  **VASCULARISATION**
Faire des activités cardiovasculaires pour irriguer les tissus endommagés et augmenter leur métabolisme.
- E**  **EXERCICES**
Favoriser un retour à la normale de la mobilité, de la force et de la proprioception en adoptant une approche active.



Crédits : La clinique du coureur

Le programme de rééducation devrait inclure des **étirements**, des **exercices d'amplitude de mouvement** et du **renforcement de la jambe lésée** ainsi qu'un **travail de stabilité lombo-pelvienne** accompagnés d'un **retour progressif** au sport. Les blessures aiguës peuvent guérir entre **4 et 8 semaines**, tandis que les lésions chroniques peuvent prendre plusieurs mois pour atteindre les résultats souhaités.

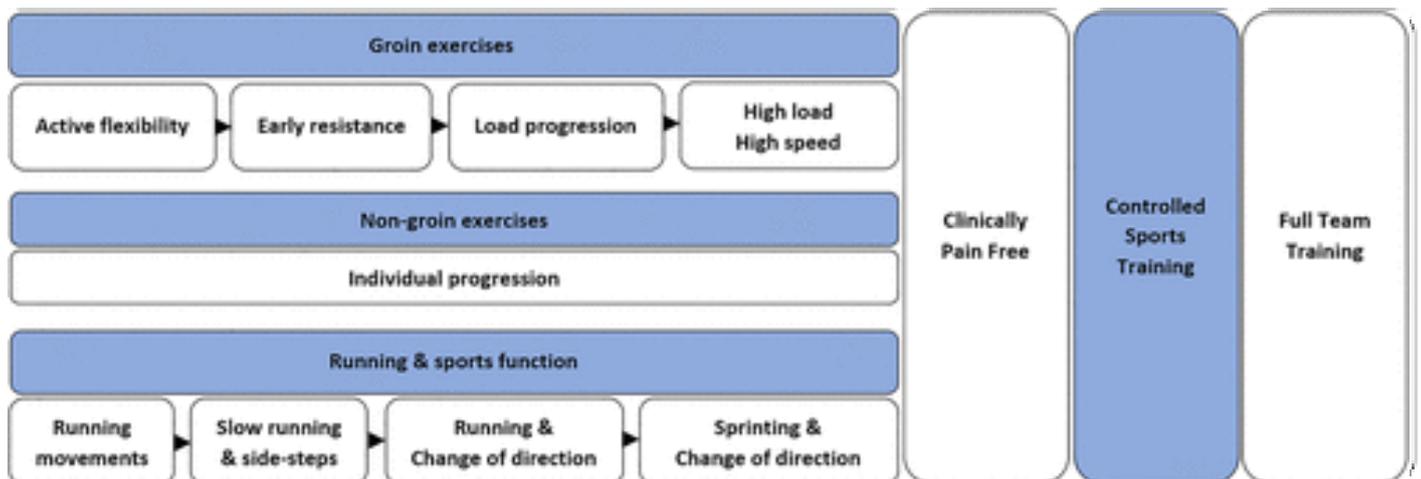
De plus, d'autres modalités de traitement peuvent être disponibles pour les cas réfractaires. Cela comprend **l'injection de corticostéroïdes** dans le complexe adducteur et la **ténotomie** (section du tendon), qui sont tous deux généralement effectués sous échographie.

FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 1 - LES LÉSIONS MUSCULAIRES

Parfois, une prise en charge chirurgicale est indiquée. Il n'y a pas de directives claires sur les blessures nécessitant une prise en charge chirurgicale. Les indications potentielles incluent une mauvaise guérison avec un pauvre traitement conservateur comprenant un tissu cicatriciel de mauvaise qualité ou des blessures par avulsion avec la faiblesse persistante du membre affecté.

Aperçu global du programme de rééducation conservateur :



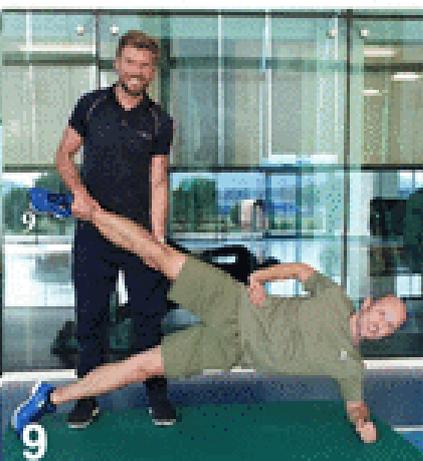
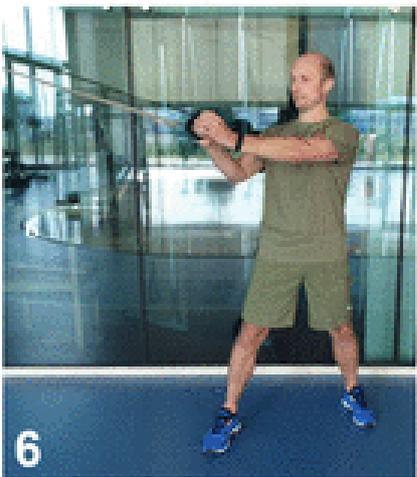
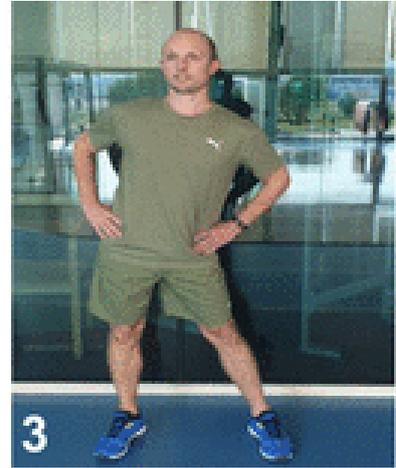
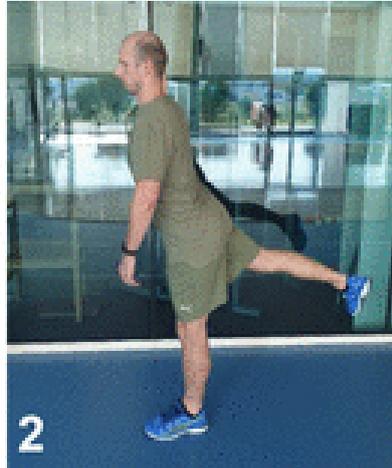
Crédits: Serner et al. 2020.

Illustration des exercices réalisés : **Le programme de rééducation comprend 9 exercices à réaliser 5 fois par semaine.**

Les athlètes doivent effectuer les exercices avec autant de répétitions que possible (échec volontaire) sans dépasser un score de douleur de 2 sur une échelle de notation numérique de 0 à 10, où 0 est une absence de douleur et 10 est la pire douleur possible. Les athlètes sont encouragés à augmenter la charge pour effectuer des exercices avec une douleur mineure correspondant à 2 sur 10 ; c'est-à-dire que si la douleur était ≤ 1 sur 10, ils doivent être encouragés à augmenter la charge, et si la douleur était ≥ 3 sur 10, la charge était réduite. **Cela est appelé le « maximum de répétition contrôlé par la douleur ».**

FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 1 - LES LÉSIONS MUSCULAIRES



Crédits: Serner et al. 2020.

FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 1 - LES LÉSIONS MUSCULAIRES

RETURN-TO-PLAY APRÈS UNE BLESSURE AIGUË AUX ADDUCTEURS

Absence de douleurs cliniques

- Absence de douleur à la palpation des adducteurs.
- Absence de douleur lors de la contraction isométrique des adducteurs en abduction maximale.
- Absence de douleur à l'étirement maximal des adducteurs.
- Absence de douleur lors d'exercices d'adduction avec bandes élastiques (genou/cheville) (10 reps).
- Absence de douleur lors de 10 répétitions de l'exercice de Copenhague.
- Absence de douleur lors d'un sprint en ligne droite à 100% de l'intensité (subjective) 10x30m.
- Absence de douleur au T-agility test à 100% de l'intensité (subjective).

Réalisation de tâches spécifiques au sport

- Absence de douleur au test de l'Illinois à 100% de l'intensité (subjective).
- Absence de douleur au Spider test à 100% de l'intensité (subjective).
- Absence de douleur lors de gestes spécifiques au sport (ex : football).
- Changements de direction avec et sans ballons prévu ou imprévu (travail de réaction).
- Sauts (unilatéral/bilatéral, vertical/horizontal).
- Passes en augmentant la distance progressivement (passes courtes, transversales).
- Corner/Tirs.
- Situations de tirs.
- 1 contre 1.

FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 1 - LES LÉSIONS MUSCULAIRES

RETURN-TO-PLAY APRÈS UNE BLESSURE AIGUË AUX ADDUCTEURS

Résultats

RTP : Retour à l'entraînement complet et normal avec l'équipe au bout d'un mois en moyenne.

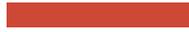
Grade 0-2 : Les athlètes ayant subi une lésion aux adducteurs de grade 0-2 en IRM étaient cliniquement indolores en environ 2 semaines et ont repris l'entraînement en équipe complète en environ 3 semaines.

Grade 3 : Les athlètes souffrant d'une blessure aux adducteurs de grade 3 étaient cliniquement indolores et ont repris l'entraînement en équipe complète dans les 3 mois.

Taux de récurrences : Le taux global de récurrences était de 8%. La réalisation d'un protocole fondé sur des critères, en particulier le respect de critères cliniquement indolores, peut entraîner une réduction des récurrences.



FOCUS ADDUCTEURS



PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

Les problèmes à l'aine sont probablement les plus difficiles à diagnostiquer à cause des nombreuses structures présentes dans la région qui peuvent être source de douleurs. Représentant **9 à 16%** des blessures dans le monde du football par exemple, ce type de blessures entraînent, en plus des **difficultés de diagnostics**, une complexité dans le traitement. Synonymes de longues périodes hors compétition, de risques lors du return-to-play, elles consistent en un véritable enjeu dans la kinésithérapie sportive. Reprenant la terminologie et la classification de l'accord de DOHA, **69% des douleurs à l'aine sont liées aux adducteurs.**

DIAGNOSTIQUE

Dans un article, Weir A., l'auteur, raconte une anecdote très intéressante. Il a rencontré de nombreux athlètes au cours de sa carrière possédant des douleurs ou blessures dans cette zone. De par la complexité et le nombre de termes référant à cette région, il décida d'envoyer deux cas cliniques de footballeurs blessés à l'aine à 23 experts cliniques de cette région anatomique. Résultats ? **18 termes différents pour la même blessure pour le premier cas et 23 termes différents pour le deuxième.** Cette histoire en dit long sur la manière dont les douleurs à l'aine sont abordées. Depuis 2014, l'accord de DOHA a établi quelques définitions afin d'universaliser les blessures à l'aine et de faciliter leur diagnostic :

FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

Doleurs à l'aine

Relation avec adducteurs

Relation avec l'illiopectinaux

Relation avec la région inguinale

Relation avec le pubis

Symptômes

Douleur autour de l'insertion du tendon du long adducteur au niveau de l'os du pubis.

La douleur peut s'irradier en région distale le long de la partie médiale de la cuisse.

Douleur à la partie antérieure de la cuisse proximale, + latérale que la douleur en lien avec les adducteurs.

Douleur dans la région inguinale qui s'empire avec l'activité. Si la douleur est sévère, une douleur inguinale peut apparaître lors d'une toux ou d'un éternuement.

Douleur dans la région de l'articulation de la symphyse pubienne et dans l'os adjacent.

Définition

Sensibilité au niveau des adducteurs ET douleur lors de tests de résistance à l'adduction.

Sensibilité de l'illiopectinaux (soit supra ou infra-inguinale).

Douleur et sensibilité dans le canal inguinal ou douleur lors de toux/éternuement, manœuvre Valsalva. Pas d'hernie palpable.

Sensibilité locale de la symphyse pubienne et de l'os adjacent.

+ probable si le patient ressent

Douleur à l'étirement des adducteurs.

Douleur reproduite lors d'une flexion de hanche contre résistance.

Douleur reproduite lors de tests de résistance abdominale.

Pas de test de résistance particulier, mais plus probable si la douleur est reproduite lors de test de résistance abdominale et des adducteurs.

PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

TRAITEMENT

Nous allons dans ce passage nous concentrer sur **la manière de traiter les blessures liées aux adducteurs et comment optimiser le return-to-play en minimisant le risque de récurrences**. Hölmich et al. (1999) ont montré que l'exercice thérapeutique (concentré sur le renforcement musculaire de la hanche et de l'abdomen) par rapport à la physiothérapie incluant des agents passifs (étirement, TENS, massage à friction transversale et thérapie au laser) conduit à de meilleurs résultats en termes de réduction de la douleur et de retour à l'activité sportive. Dans l'étude de Hölmich et al. (1999), le délai moyen entre le début du traitement et le retour à l'activité sportive dans le groupe traité par exercice thérapeutique était de 18,5 semaines. Il semble que cette période de récupération (18,5 semaines) soit trop longue, car, dans les sports professionnels, il y a souvent beaucoup de pression pour ramener un athlète à son sport le plus rapidement possible.

Depuis 1999, de nombreuses études ont été menées dans le domaine de la rééducation des lésions musculo-squelettiques. Ces résultats peuvent être utiles pour résoudre les éventuelles limitations du protocole d'Hölmich (concernant le groupe traité avec un exercice thérapeutique) et, par conséquent, conduire à une période hors du terrain plus courte pour les athlètes atteints de blessures aux adducteurs. La limitation potentielle du protocole Hölmich et les suggestions associées sont décrites comme suit:

1. Les athlètes traités par des exercices thérapeutiques **n'étaient pas autorisés à étirer les muscles adducteurs**. Étant donné que l'étirement est une technique standard prescrite pour **réaligner les fibres de collagène pendant la guérison musculaire**, il a été suggéré que l'étirement devrait être une **composante** du protocole d'exercice.

FOCUS ADDUCTEURS



PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

2. Dans le module 2, exercice 3 du protocole d'Holmich, l'abduction / l'adduction en tirant du poids ont été utilisées, **bien qu'il ait été affirmé que le recrutement d'unités motrices lors de l'utilisation de bandes élastiques est plus important que lorsqu'une machine de musculation ou des poids libres sont utilisés.** D'un autre côté, les exercices de renforcement des adducteurs de la hanche utilisant des bandes élastiques ont été introduits comme des exercices dynamiques de haute intensité et sont parmi les meilleurs exercices à inclure dans les plans de prévention et de traitement des blessures à l'aine. De plus, les bandes élastiques peuvent être utilisées n'importe où et dans n'importe quelle condition. En raison des revendications précédentes, **il est conseillé d'utiliser une bande élastique comme charge externe pour les exercices d'abduction / adduction de la hanche dans le protocole d'exercice.**

3. Les changements dans la fonction musculaire du tronc et la **faiblesse des muscles du tronc** ont été suggérés comme des facteurs liés aux blessures à l'aine chez les athlètes. Il est recommandé de mettre davantage l'accent sur les exercices de base du programme.

4. Les athlètes traités avec un exercice thérapeutique après la 6e semaine de traitement avaient la permission de faire du jogging tant que cela ne provoquait pas de douleur à l'aine. Les athlètes devraient avoir un **programme de course à pied** identique qui leur apprend à augmenter progressivement la vitesse de course, la durée et les autres paramètres nécessaires pour reprendre le sport (**bien évidemment le programme identique est basique, il doit être adapté en fonction des retours des patients**).

FOCUS ADDUCTEURS

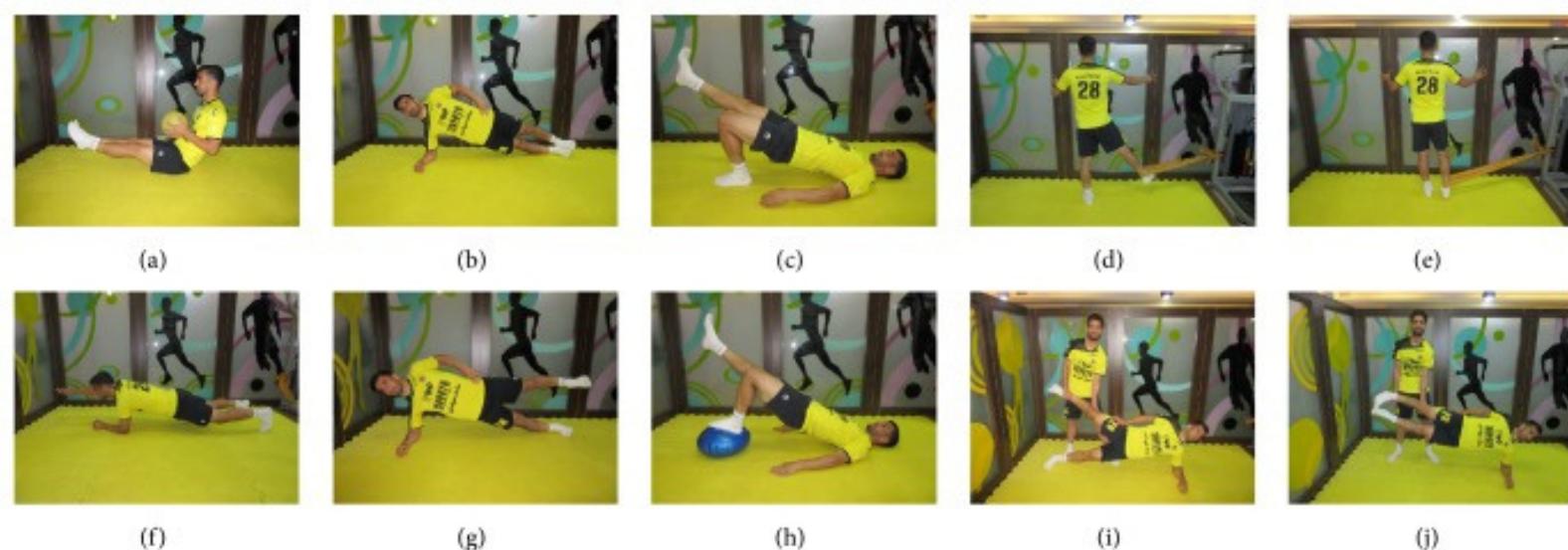
PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

Le **Copenhagen Adduction (CA)**, un exercice de haute intensité effectué aux amplitudes de mouvement maximales de la hanche, peut être effectué aux stades finaux du traitement. **Le CA renforce à la fois les adducteurs de la hanche et les abducteurs, préparant la stabilité musculaire dans la région de l'aîne.** Serner et al. ont décrit les détails du CA. Le rôle du kinésithérapeute pendant le traitement ne doit pas seulement être celui de la supervision et de l'instruction, mais également se concentrer sur l'augmentation de l'intensité ou de la résistance des exercices à chaque fin de semaine.

Protocole modifié de Holmich

La durée du traitement est de **10 semaines** cependant, les athlètes peuvent continuer leur traitement jusqu'à 12 semaines si nécessaire. Au cours des deux premières semaines, les athlètes effectuent la partie 1 du protocole modifié trois fois par semaine. À partir de la troisième semaine, ils effectuent la partie 2 du protocole trois fois par semaine et effectuent les exercices de la partie 1 tous les deux jours. La durée de chaque session est d'environ 120 à 150 minutes.

Quelques exercices des tableaux suivants du protocole se réfèrent aux images ci-dessous.



FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

Partie 1 du protocole

Exercice	Répétitions et séries	Repos
(1) Échauffement sur vélo stationnaire	10 min (25 W à 20 km/h)	—
(2) Contraction isométrique en adduction sans douleur contre un ballon placé entre les genoux en position allongée sur le dos et genou fléchi. (crook lying)	3 séries de 10 reps. (chaque rep. 10 sec)	10 sec de repos après chaque rep. et 2 min de repos après chaque série.
(3) Levé de jambes tendues en position en V (<i>figure a</i>)	3 séries de 10 reps. (chaque rep. 10 sec)	10 sec de repos après chaque rep. et 2 min de repos après chaque série.
(4) Adduction isométrique debout en utilisant des bandes élastiques. (chaque jambe doit être entraînée).	5 séries de 10 reps. (chaque rep. 10 sec)	10 sec de repos après chaque rep. et 2 min de repos après chaque série.
(5) Abdominaux Sit-ups dans les directions droites et obliques	4 séries de 15 reps.	1 min de repos après 15 répétitions consécutives.

FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

Partie 1 du protocole

Exercice	Répétitions et séries	Repos
(6) Planche (le dos doit être complètement droit)	10 reps. (chaque rep. 15 sec)	15–20 sec de repos après chaque rep.
(7) Gainage latéral (le tronc doit être dans un alignement neutre). (<i>figure b</i>)	10 reps. de chaque côté (chaque rep.15 sec)	15–20 sec de repos après chaque rep.
(8) Pont sur une jambe (une jambe fléchie et l'autre tendue avec le tronc en alignement neutre). (<i>figure c</i>)	10 reps. de 12 sec (chaque rep. consiste en 6 sec jambe droite tendue / 6 sec jambe gauche tendue)	15–20 sec de repos entre chaque rep.
(9) Travail d'équilibre sur plateforme instable (début sur deux pieds puis progression sur un seul pied et ajout de légères perturbations comme un genou légèrement fléchi)	8 min (changement de jambe chaque minute en cas d'équilibre unipodal)	—

FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

Partie 2 du protocole

Exercice

Répétitions et séries

Repos

(1) Échauffement sur vélo stationnaire

10 min (25 W à 20 km/h)

—

(2) Extensions lombaires en pronation avec les bras sur le côté

3 séries de 10 reps.

30 sec de repos entre les séries

(3) Abdominaux Sit-ups dans les directions droites et obliques en tenant une médecine ball de 3 kg entre les mains

4 séries de 15 reps.

1 min de repos après 15 reps consécutives

(4) Adduction / Abduction de hanche debout avec bandes élastiques (*figure d et e montrent le début et la fin*)

5 séries de 10 reps. pour add. and 5 séries de 10 reps. pour abd. (phase concentrique = 1 sec et phase excentrique = 3 sec)

2–5 sec de repos après chaque reps et 1 min de repos entre chaque série

(5) Abdominaux sit-ups avec une balle entre les genoux en position fléchie. Sit-ups + flexion de hanche simultanée.

5 séries de 10 reps.

1 min de repos après 10 répétitions consécutives

(6) Sur le ventre, les bras tendus vers l'avant, lever simultanément le bras et la jambe opposée pendant 6 sec puis changer de côté.

2 séries de 10 reps. (chaque rep. consiste en 6 sec de maintien par côté)

6 sec de repos après chaque rep. et 2 minutes entre chaque série

FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

Partie 2 du protocole

Exercice

Répétitions et séries

Repos

(7) Gainage Planche avec un membre qui se décolle du sol (système de rotation : bras droit, bras gauche, jambe droite, jambe gauche)

8 reps. (6 sec de maintien pour chaque membre et temps total de 24 sec pour chaque rep)

30 sec de repos après chaque rep.

(8) Gainage latéral + abduction de hanche (*figure g*)

10 reps. de chaque côté (chaque rep. 10 sec)

15–20 sec de repos après chaque rep.

(9) Pont sur une jambe (une jambe fléchie repose sur une surface instable et l'autre jambe est tendue avec le tronc conservé dans un alignement neutre). (*figure h*)

10 reps. de 12 sec (chaque rep) consiste en 6 sec de maintien jambe gauche tendue / 6 sec jambe droite tendue

15–20 sec de repos après chaque rep

(10) Travail d'équilibre sur plateforme instable avec une légère flexion de genou et perturbations telles que lancer et attraper une balle, toucher le pied en équilibre avec la main, gentilles passes avec le pied dans les dernières semaines

10 min (alterner les jambes)

—

FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

Partie 2 du protocole

Exercice

(11) Exercice du skieur nordique sur une jambe

(12) Exercice du programme de Copenhague à commencer à partir de la 7^e semaine si cela ne provoque pas de douleur (*figure i et j*)

(13) Étirement sans douleur des adducteurs en position tailleur, genou fléchi et pieds joints

Répétitions et séries

5 séries de 10 reps. pour chaque jambe

Commencer par 2 séries de 6 reps., et progresser à 3 séries de 6 rep et enfin 3 séries de 10 reps si cela ne provoque pas de douleur.

5 reps. de 15 sec

Repos

1 min de repos après chaque série pour une jambe

3–5 min de repos après chaque série

—



FOCUS ADDUCTEURS



PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

RÉSULTATS

Force des adducteurs et force des abducteurs :

À la fin du traitement, les IHAD, IHAB, EHAD et EHAB (voir ci-dessous) moyens se sont considérablement améliorés. Il a également été constaté des améliorations considérables du rapport entre les forces d'abduction, par rapport au début du traitement.

IHAB : Force isométrique maximale d'abduction de hanche **+ 58%**

IHAD : Force isométrique maximale d'adduction de hanche **+ 29%**

EHAB : Force excentrique maximale d'abduction de hanche **+26%**

EHAD : Force isométrique maximale d'adduction de hanche **+54%**

DOULEURS

À la fin du traitement, des différences significatives dans les scores de douleur VAS pour l'adduction de hanche contre résistance ont été observées. De plus, les scores de douleur VAS lors des tests fonctionnels **se sont considérablement améliorés** par rapport aux scores au début du traitement.



FOCUS ADDUCTEURS

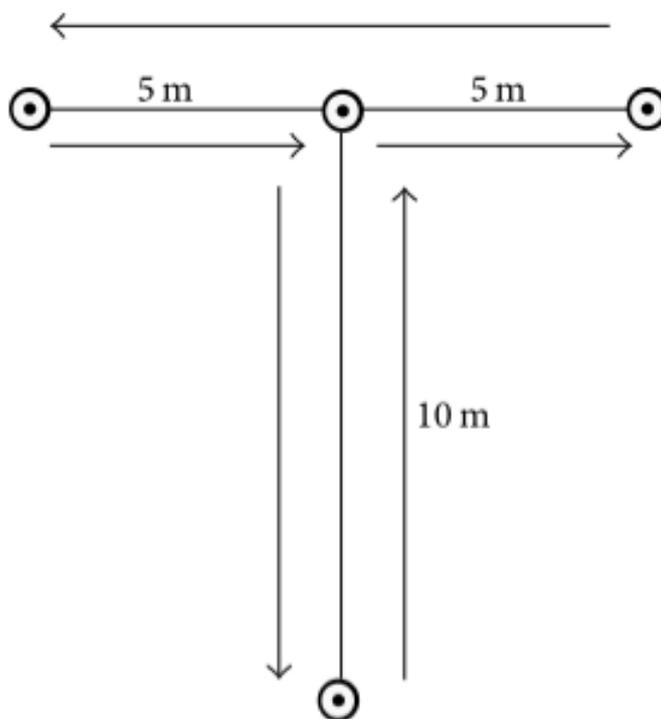
PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

TESTS FONCTIONNELS

Afin d'étudier les effets sur le travail fonctionnel des athlètes, les tests suivants ont été évalués :

- Agility T-test (ATT)

Départ à la base du T. L'athlète se dirige vers le cône central, puis effectue des pas latéraux jusqu'au cône de droite pour repartir toujours en pas chassé au cône opposé (gauche). Il rejoint ensuite le cône central toujours en pas chassé pour terminer en pas arrière jusqu'au cône de base. Une amélioration de **- 1,65s** a été observée.

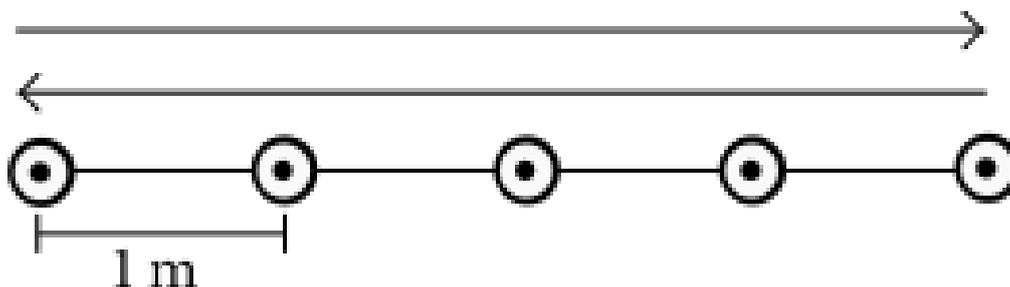


FOCUS ADDUCTEURS

PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

- Edgren Side Step Test (ESST)

Réalisation de pas chassés en avant et en arrière le plus rapidement possible durant 10s. Une amélioration de + 6m a été constatée.



EFFETS

Après avoir terminé le protocole de traitement, **86,6%** des participants sont revenus à leurs niveaux d'activité sportive respectifs précédents, sans symptômes à l'aîne. Le temps moyen de return-to-play sans douleur était de **12,06 semaines**. Ces résultats étaient meilleurs que ceux obtenus par Hölmich et al. qui ont rapporté un temps médian de 18,5 semaines pour qu'un return-to-play sans douleur de 79% des participants.

Dans ce programme modifié d'Holmich, les taux plus élevés de return-to-play plus élevé (86,6%) et plus courts (12,06 semaines) pourraient être dus à une variété de facteurs, notamment l'utilisation d'une **méthode différente** pour renforcer les muscles adducteurs / abducteurs de la hanche (à l'aide bandes élastiques et mettant l'accent sur **le temps sous tension**), l'utilisation d'**exercices de stabilisation lombo-pelvienne** et la mise en place d'un **entraînement excentrique de haute intensité** pour les adducteurs (programme de Copenhagen) et des **étirements** des adducteurs de la hanche.

FOCUS ADDUCTEURS



PARTIE 2 - DOULEURS À L'AINE

De plus, le niveau de difficulté des exercices a été augmenté à chaque occasion possible, en utilisant l'expertise d'un kinésithérapeute (partie 1, exercices 4 et 9; partie 2, exercices 4 et 10). Également la mise en place d'un « **programme de retour à la course** » absent dans le protocole original d'Hölmich et al. (1999) a permis un retour graduel et progressif des athlètes à l'activité sportive réduisant par conséquent la crainte d'une récursive.



NOUVELLES TECHNOLOGIES



90 100 110 120 130 140 150

NOUVELLES TECHNOLOGIES

FLEXVIT est une marque allemande qui propose divers types de bandes d'élastiques fabriquées en Allemagne, intelligemment conçues avec un tout nouveau matériau de haute qualité et très agréables pour la peau, elles sont idéales pour la prévention des blessures et l'amélioration des performances. Ces bandes sont couramment utilisées par de nombreux athlètes de haut niveau, mais également dans d'importantes structures sportives également en matière de rééducation. Travailler la rééducation des blessures musculaires en utilisant la force élastique est essentiel pour assurer un return-to-play en toute sécurité.



L'**Alter G** est un tapis de course qui permet l'allégement du poids du corps en agissant sur la composante gravitaire. Cela peut s'avérer efficace notamment dans le cadre de la mobilisation précoce en charge des lésions musculaires afin de retrouver des mouvements fonctionnels au plus vite. Cela permet également aux athlètes un retour à la course plus rapide, car l'allégement du corps entraîne une diminution des contraintes et requiert donc une activité musculaire amoindrie facilitant un retour progressif.

SOURCES

Bittencourt NFN, Meeuwisse WH, Mendonça LD, et al. Br J Sports Med Published Online First: [28th July 2016] doi:10.1136/ bjsports-2015-095850

Ruddy, J. D., Cormack, S. J., Whiteley, R., Williams, M. D., Timmins, R. G., & Opar, D. A. (2019). Modeling the Risk of Team Sport Injuries: A Narrative Review of Different Statistical Approaches. *Frontiers in physiology*, 10, 829. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00829>. Article sous Licence Creative Commons CC-BY. Modifications apportées: Traduction et vocabulaire.

Fernandes, T. L., Pedrinelli, A., & Hernandez, A. J. (2015). MUSCLE INJURY - PHYSIOPATHOLOGY, DIAGNOSIS, TREATMENT AND CLINICAL PRESENTATION. *Revista brasileira de ortopedia*, 46(3), 247-255. [https://doi.org/10.1016/S2255-4971\(15\)30190-7](https://doi.org/10.1016/S2255-4971(15)30190-7). Article sous licence Creative Commons CC BY NC-ND.

Verrall, G., & Dolman, B. (2016). Deducing a mechanism of all musculoskeletal injuries. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 6(2), 174-182. <https://doi.org/10.11138/mltj/2016.6.2.174>

NeuroXtrain – RM Ingénierie : Lésions musculaires au mollet Description et traitement des lésions musculaires au mollet : différencier le soléaire du gastrocnémien : <https://www.rmingenierie.net/blog/lesions-musculaires-au-mollet/>

Questioning the use of ICE Given Inflammation is a Perfectly Healthy Response Following Acute Musculoskeletal Injuries Written by: Dr. Bahram Jam, PT. 2014. Utilisation avec l'accord de l'auteur Dr Bahram Jam, PT.

Singh, D. P., Barani Lonbani, Z., Woodruff, M. A., Parker, T. J., Steck, R., & Peake, J. M. (2017). Effects of Topical Icing on Inflammation, Angiogenesis, Revascularization, and Myofiber Regeneration in Skeletal Muscle Following Contusion Injury. *Frontiers in physiology*, 8, 93. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00093>. Article sous licence Creative Commons CC BY. Modifications apportées: Traduction et Vocabulaire.

Valle, X., L Tol, J., Hamilton, B., Rodas, G., Malliaras, P., Malliaropoulos, N., Rizo, V., Moreno, M., & Jardi, J. (2015). Hamstring Muscle Injuries, a Rehabilitation Protocol Purpose. *Asian journal of sports medicine*, 6(4), e25411. <https://doi.org/10.5812/asjms.25411>. Articles sous Creative Commons Licence 4.0 CC-BY-NC. Modifications apportées : Traduction. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Asking C. Using exercise in muscle treatment. [2018]. Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols

Bourne, M.N., Timmins, R.G., Opar, D.A. et al. An Evidence-Based Framework for Strengthening Exercises to Prevent Hamstring Injury. *Sports Med* 48, 251-267 (2018). <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0796-x>. Utilisation avec accord de l'auteur.

SOURCES

Brokner, P. (2015). Hamstring injuries: Prevention and treatment - An update. *British Journal of Sports Medicine*, 49(19), 1241–1244. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094427>. Article sous licence Creative Commons 4.0 CC-BY-NC. Modifications apportées: Traduction.

Lempainen, L., Kosola, J., Pruna, R., Puigdemivol, J., Sarimo, J., Niemi, P., & Orava, S. (2018). Central Tendon Injuries of Hamstring Muscles: Case Series of Operative Treatment. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 6(2), 2325967118755992. <https://doi.org/10.1177/2325967118755992> Article sous licence Creative Commons CC-BY-NC-ND. 4.0.

Brokner P, Connell D. Serious thigh muscle strains: beware the intramuscular tendon which plays an important role in difficult hamstring and quadriceps muscle strains *British Journal of Sports Medicine* 2016;50:205-208. Article sous Licence Creative Commons CC-BY-NC 4.0.

Yousefzadeh, Abbas et al. "The Effect of Therapeutic Exercise on Long-Standing Adductor-Related Groin Pain in Athletes: Modified Hölmich Protocol." *Rehabilitation research and practice* vol. 2018 8146819. 12 Mar. 2018, doi:10.1155/2018/8146819. Article sous Licence Creative Commons 4.0. Modifications apportées : Traduction + Vocabulaire.

John Kiel; Kimberly Kaiser. Adductor Strain. Last Update: December 16, 2019. Livre sous licence Creative Commons. CC BY 4.0. Modifications apportées: Traduction + Vocabulaire.

Serner, A., Weir, A., Tol, J. L., Thorborg, K., Lanzinger, S., Otten, R., & Hölmich, P. (2020). Return to Sport After Criteria-Based Rehabilitation of Acute Adductor Injuries in Male Athletes: A Prospective Cohort Study. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 8(1), 2325967119897247. <https://doi.org/10.1177/2325967119897247>. Article sous licence Creative Commons + SAGE CC BY NC ND.

Weir, A., Brokner, P., Delahunt, E., Ekstrand, J., Griffin, D., Khan, K. M., Lovell, G., Meyers, W. C., Muschaweck, U., Orchard, J., Paajanen, H., Philippon, M., Reboul, G., Robinson, P., Schache, A. G., Schilders, E., Serner, A., Silvers, H., Thorborg, K., Tyler, T., ... Hölmich, P. (2015). Doha agreement meeting on terminology and definitions in groin pain in athletes. *British journal of sports medicine*, 49(12), 768–774. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094869>. Article sous licence Creative Commons CC BY NC. Modifications apportées: Traductions + Vocabulaires.

SOURCES



Grand Format rédigé par Nathan Touati et Antoine Frechaud

Tout le contenu de ce Grand Format est présenté à titre informatif. Il ne remplace en aucun cas l'avis ou la visite d'un professionnel de santé.

Cette oeuvre est protégée par des droits d'auteurs, il est formellement interdit de la copier, de la modifier ou de l'utiliser à des fins commerciales sous peine de poursuites.

NeuroXtrain



NeuroXtrain